LE TEORIE IDRAULICHE

CONCORDATE COLLE SPERIENZE

PROPOSTE A' SUOI DISCEPOLI

E AD USO DELLE SCUOLE

DELL' ABBATE

GIOSEFFO MARI

MATEMATICO NAZIONALE

MEMBRO DELL' INSTITUTO NAZIONALE

DIRETTORE DELLA FACOLTA' MATEMATICA

NELL ACCADEMIA DI MANTOVA

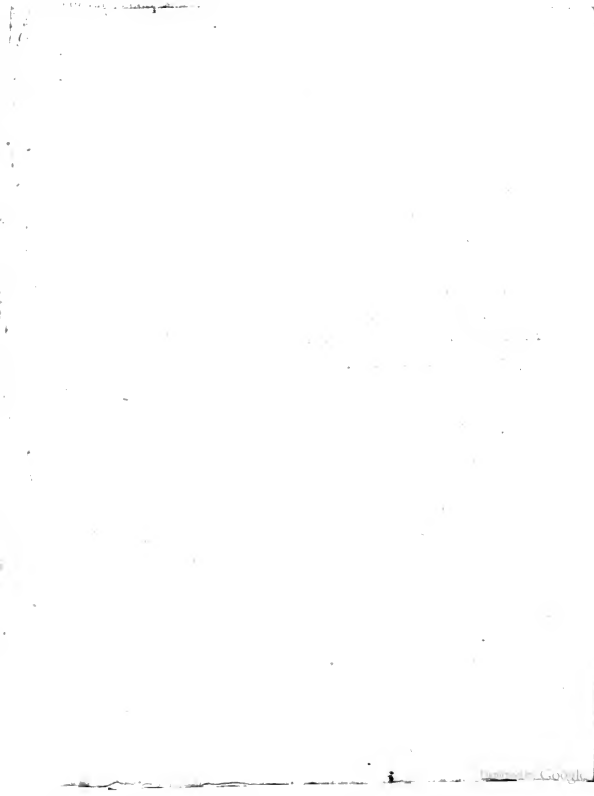
PUBBLICO PROFESORE DI MATEMATICA,

ED' IDRAULICA PRATICA

SOCIO DELL' ACCADEMIA SCIENTIFICA DI SPOLETI.

TOMO SECONDO.

GUASTALLA

NELLA STAMPERIA DI SALVATOR COSTA E COMPAGNO. MDCCCIV.

A' MIEI DISCEPOLI.

Se più tardo degli altri d' Idraulica Pratica, esce questo secondo Tomo delle Teorie; era esso destinato ad apparire immediatamente dopo al primo. Ma il Governo nostro d' allora avendomi mostrato desiderio, che facessi precedere i Tomi di Pratica, ad instruzione non solo de' nostri Periti, ma de' Tribunali stessi, nelle materie tanto frequenti, delle quali essi trattano, e che vengon portate al giudizio di quelli; io ho dovuto farmi un obbligo, di secondare le saggie sue brame. Avrei altri due Tomi per l' Idraulica Pratica, quasi in pronto, l' uno sui varj Progetti Idraulici, che a nostra memoria si son proposti, l' altro sulle diverse contese Idrauliche, che sonosi agitate. Ma questi debbon per ora dar luogo alle Teorie.

Nel Tomo presente proseguo ad accordare le Teorie colle sperienze, quando le Teorie son giuste. Fo constare della falsità delle Teorie, quando discordan dalle sperienze. Per accostumare poi i miei Discepoli all' esercizio della loro fantasia sulla maniera, colla quale fisicamente l' acqua agisce, e si modifica nel suo corso, e nelle sue operazioni; prendomi l' assunto, di analizzare tutti i moti diversi, e le direzioni, che deve prendere scorrendo, in tante occasioni, nelle quali non lascia discernere, come essa muovasi, ed operi, mostrando solo gli effetti, che produce: e ciò per una necessaria conseguenza da' principj, gia da me stabiliti, coi quali agisce, o che ci vengon comprovati, nelle sue tendenze, dall' Idrostatica. Quindi i movimenti secreti, ch' io ravviso nell' acqua, non devon credersi imaginarj, e arbitrarj; risulteranno anzi per effetti necessarj delle prime direzioni, che avrà prese l' acqua, e della sua maniera ordinaria d' agire, fondata su sicure sperienze.

Non sarà dunque il mio assunto, di spiegare i moti più interni dell' acqua, un assunto ipotetico, nè perciò inutile alla instruzione de' miei Discepoli, o quasi puerile, come si perdesse in cose troppo frivole. I risultati, che ne sortiranno, faran vedere la sua importanza, ed efficaccia.

Questi modi sviluppati d' agire occultamente nell' acqua, spiegheranno a maraviglia gli effetti, ch' essa produce, e mostreranno impossibili altri modi d' agire, che arbitrariamente se le attribuiscono. Nell' atto pertanto di spiegare i fenomeni Idraulici; io diviserò le maniere fisiche, e naturali, che loro danno l' esistenza. Un doppio piacere trova uno Studioso, e nel conoscere gli effetti prodotti dall' acqua corrente, in tanti diversi, e curiosi sperimenti, e nel comprendere il magistero, con cui sono operati dalla natura stessa. Dalla cognizione di questi, la mente abile si fa capace d' internarsi nella disquisizione di molti altri, analoghi agli spiegati. Questo è il fine, per cui mi sono determinato, nella spiegazione de' fenomeni Idraulici, a dettagliare le operazioni fisiche, praticate dall' acqua corrente a produrli. La trascuranza degli Autori, nell' investigarle, ha fatte loro adettare delle ipotesi falsissime, e fabbricar sopra esse Teorie le più insussistenti, come risulterà chiaramente anche in questo secondo Tomo.

DELL'

DELL' ACQUA CHE SORTE DA' VASI COL MEZZO DI TUBI APPLICATIVI.

LEZIONE I.

Un tubo breve, apposto al foro di un vaso, non permette lo sgorgo dell' acqua a tubo pieno, come un più lungo; e non altera punto la contrazion della vena, che si forma da un foro di ugual diametro in lastra sottile. Ragion di tal Fenomeno.

I. Intendesi sgorgo a pieno tubo, quando esce l' acqua dalla estremità infima del tubo, occupandone tutto l'orificio. L'Abate Bossut nella seconda parte dell' Idrodinamica, Capo IV. §. II. numero 376, 377, espone d' aver adattato al fondo del vaso ADCB. Fig. I., di cui si dà lo spaccato, un cilindro cavo di rame MOPN, internamente assai pulito, di 2 pollici di diametro, e di altrettanti di lunghezza, e di aver lasciata sgorgar l' acqua, sopraftante al fondo piedi 11, pollici 8, e linee 10. Per aprir l' esito all' acqua dal tubo, si valse d' un baftone RK, al fondo del quale era affissa l' assicella K, foderata di sotto a più doppj di feltro. Levandosi il baftone, aprivasi lo sgorgo all' acqua; deprimendolo sul foro interno, intercettavasi sul momento. Tenendolo alzato, non oftante che al foro si trovasse applicato il tubo, contraevasi la vena: segno ne era il non sortir l' acqua a tubo pieno.

Ritenuta la ftessa lunghezza del cilindro; un altro ne fu surrogato di diametro subduplo. Sotto l' altezza medesima d' acqua nel vaso, lo sgorgo fu a tubo pieno. Accorciato di mezzo pollice il cilindro, non seguì l' acqua le pareti di esso. Col maneggio però del baftone, e della tavoletta annessa si giunse ad ottenere lo sgorgo pieno. Ridotto il cilindro alla lunghezza di mezzo pollice; neppur coll' ajuto del baftone, non si potè ottenere lo sgorgo pieno. Quefto dunque non si ottiene con un tubo di due pollici di diametro, e d' altrettanta lunghezza, nè in un tubo di un pollice di diametro, di lunghezza di un pollice, e mezzo. Dunque un tubo breve ap-

apposto al foro di un vaso, non permette lo sgorgo dell'acqua a tubo pieno, come un più lungo. Prima parte della Proposizione presente.

II. Che poi non si alteri la contrazion della vena, che si forma da un foro di ugual diametro in lastra sottile; prova ne è chiarissima, che tanto dal tubo, quanto dalla lastra, esce la stessa quantità di fluido, in ugual tempo. Da un foro di un pollice di diametro, sotto l'altezza di 11 piedi, 8 pollici, 10 linee, raccolse in un minuto l'Abate Bossut, come è espresso nella Tavola posta al numero 348, pollici cubici 9282, e per un tubo d'ugual diametro, e lungo linee 12, ebbe nel tempo stesso, come nella Tavola al numero 380 pollici cubici 9282. Altrove si farà vedere, che non ostante l'aggiunta del tubo, l'altezze del fluido premente eran le stesse. Dunque è pur vera la seconda parte della Proposizione.

III. La ragione, per cui, non ostante la guida del tubo, non si occupi questo dall'acqua scorrente, si è, che concorrendo per curve le particelle allo sbocco, e venendo a conflitto, come per incrocicchiarsi nel sito della massima contrazione; s'allargan poi dopo di esso, e strisciano lungo le interne pareti, ed estreme del tubo, sol quando la lunghezza di questo è tale, che il consenta. Quando il tubo è sì breve, onde l'allargamento della vena, o si faccia fuor d'esso, o l'intoppo dell'acqua nelle parti sia sì leggiero, da non produrre niun rigurgito nell'acqua, che nel principio del tubo scorre per le sue curve; seguirà questa a scorrervi senza impedimento. In un tubo di due pollici di lunghezza, e d'altrettanti di diametro, e in altro 18 linee lungo, d'un diametro di 12, l'allargamento della vena formasi fuor del tubo, e non ne soffre punto la contrazione della vena interna.

IV. La ragione, per cui esce l'acqua a tubo pieno dal cilindro di un pollice di diametro, e di due pollici di asse, e non esca dal cilindro di due pollici di diametro, si è, che formandosi la contrazion massima della vena, in distanza dal foro interno d'un semidiametro di esso; havvi più spazio dal sito della contrazione alla estremità del tubo, quando il foro è di un pollice di diametro, che quando è di due pollici. Qui l'estremo del tubo non dista, che un pollice dal luogo, ove la vena è più ristretta, e nel tubo di un pollice di diametro n'è distante 18 linee. In questo la vena, nel suo allargamento, può toccare le pareti estreme del tubo, e seguirle, e quindi uscir l'acqua a tubo pieno. Nell'altro cilindro la vena non si è ancor allargata tanto, onde urtar le pareti, e strisciarsi al lungo di esse. E' da rammentare di vantaggio, che

che più è, rispettivamente a' loro fori, sottile la vena contratta nel foro più grande, che nel minore, per ciò, che nella Lezione X. del Tomo I. si è dimostrato: onde in pari distanza, della massima contrazione della vena dalla estremità del tubo, può la vena, che esce dal cilindro più ristretto, toccarne le pareti, e l'altra lasciarle intatte.

V. Due sperimenti del Marchese Poleni, tratti dal suo libro de Castellis, potrebbero contraporsi alla presente dottrina. Alla pagina 26, numero 47 racconta egli, che da un foro di 9 linee di diametro, aperto in una lastra di ferro grossa quattro quinti di linea, empissi un vaso capace di 2560 pollici cubici d'acqua, in un minuto, e 33 secondi, mentre con un tubo di pari diametro di foro, lungo 18 linee, l'ebbe pieno in un minuto, e secondi 11, e mezzo, stando l'altezza dell'acqua ne' vasi a linee 178, come dichiara al numero 50. Ciò posto, potrebbe dirsi, se il tubo non gittava l'acqua a bocca piena, se non si fosse alterata la contrazione, onde ingrossasse la vena più, che in un foro semplice; non era possibile, che il vaso si empiesse col tubo, in tanto minor tempo, che col foro nella lastra. Non par vero pertanto, che in questo sperimento del Poleni, la brevità del tubo non alteri la contrazione della vena.

VI. Non nota veramente il Poleni, se il tubo gettava a bocca piena. Quando ciò fosse avvenuto; è a riflettersi, che come per un tubo di 12 linee di diametro la lunghezza di 2 pollici è bastante, perchè la vena ampliandosi, dopo la contrazione, urti, e segua le pareti estreme del tubo, nel mentre che per un foro di 24 linee di diametro, sorte la vena senza lambirle; così la stessa lunghezza di 18 linee in un foro del diametro di 9 linee, può esser atta ad intoppare l'acqua uscente dal cilindro, quantunque in un foro di 12 linee trascorra la vena senza attaccarsi alle pareti. Se un pollice di distanza, del sito della vena contratta alla estremità del tubo, non è sufficiente, perchè la vena occupi l'uscita intera del cilindro, e se richiedesi una distanza maggiore; nella lunghezza di un pollice e mezzo nel tubo, col diametro di 9 linee, vi sarà, dal sito della vena contratta allo sbocco, la distanza di linee tredici, e mezzo: la quale, se poca sembri, col riflesso, che la vena, per un foro di 9 linee, è rispettivamente più grossa, che per un foro di 12, si troverà la ragion sufficiente, per ispiegare, come anche, per un cilindro di 18 linee di asse, sgorghi l'acqua a bocca piena. La brevità, o lunghezza de' cilindri è rispettiva. Deve misurarsi dal sito della vena contratta fino all'orlo estremo del tubo. Un cilindro del diametro di 9 linee, e di 18 di asse è rispettivamen-

mente più lungo d'un cilindro di ugual asse , ma che abbia il diametro di 12 linee. Questa può essere una parte della ragione, per cui, col mezzo del cilindro, siasi empiuto in tanto minor tempo il vaso, che col semplice foro. La contrazione della vena, che formavasi pel foro, si sarà forse diminuita alquanto, per l'intoppo dell'acqua nelle pareti del tubo, che auran ingrossata la vena. Che non siasi tolta onninamente, ma solo diminuita, apparirà nella Lezione, che segue.

Ciò nulla ostante la spiegazione della differenza de' tempi, ne' quali il vaso venne pieno, dipende da tutt' altro motivo. Nota lo stesso Poleni, che la lastra, nel suo sperimento, distava dal fondo del vaso 2 pollici. L'altezza dell'acqua dunque sopra la lastra non era di 178 linee, come sopra il cilindro, ma di 174. Quindi il confronto dell'acqua, che spiccia dal foro, con quella, che mandasi dal cilindro, non è sotto altezze uguali. Trovandosi maggiore l'altezza riguardo al cilindro, e colla giunta di qualche minoramento di contrazione, se l'acqua intoppava nella parte infima del tubo; spiegasi abbastanza, perchè in minor tempo si empiesse il vaso col cilindro, che col semplice foro.

VII. La vena, che sortiva a gola piena dal tubo, aggiunto al vaso dall'Abate Bossut, per misurare l'urto dell'acqua, di cui si è parlato nella Lezione XXIX. del Tomo I., può anch'essa promuovere qualche difficoltà, contro l'assunto della Lezione presente. Quantunque non sappiasi precisamente la lunghezza del tubo; dalla figura sua 75 si può raccogliere, che non occupasse ne meno l'intera grossezza del fondo del vaso. Or questa apparentemente non doveva esser tanta, onde il tubo riuscisse di molto maggior lunghezza di un pollice. Ciò nulla ostante usciva l'acqua a sbocco pieno. Quello che più importa, si è, che il tubo si teneva pieno, o avesse il cilindro il diametro di 10, o di 6 linee. Non sarebbe adunque vero, che pei piccoli tubi aggiunti prosegua la contrazione cominciatasi nella uscita dal foro superiore, o che la diversità de' diametri influisca a conservar pieno lo sgorgo, come porta la dottrina esposta dalle Teorie nel numero superiore.

VIII. Il fenomeno straordinario, in cui per un tubo, che certamente era cortissimo, usciva l'acqua a bocca piena, sì tenendo il diametro di 10 linee, come di 6; ha la sua spiegazione chiarissima, senza che ne soffra la Teoria sopra stabilita. Il Bernullio, nella Dissertazione *de Legibus quibusdam Mechanicis*, osservò, come si espose al numero V. della Lezione XXIX. del I. Tomo, che, cadendo una vena sopra una pia-

piastra, i filamenti esterni, che la terminano, ripiegano in arco, la cui sommità tiensi a qualche distanza dalla piastra, e che i filamenti interni, urtando in essa ad angolo retto, riflettono all' insù, contro la direzione della vena. Ciò non può succedere, senza un gonfiamento nella vena, prodotto, sì dal ripiegarsi, che deve far l' acqua laterale, per trovarsi uno scarico fuor della lastra, e sì dal rigurgito, che debbon portare all' acqua superiore i filamenti interni ripercossi allo insù. La vena per ciò deve più ingrossare, cadendo sopra una lastra vicina, che se scendesse liberamente. Trovandosi la lastra non distante più di un pollice dall'estremità del tubo; è ben naturale, che l' ingrossamento si estenda fino al labbro estremo del cilindro, e vi attacchi l' acqua alle pareti, o ne sia il diametro di sei linee, o pur di dieci. Se si sapesse la lunghezza precisa del tubo; potrebbe conghietturarsi, se l' allargamento della vena s'avesse a credere, estendersi tanto all' insù, onde ingrossare l'acqua nel cilindro intero. Ma come, tra la lastra, e il tubo, vi aveva pur un pollice d'intervallo; è più congruente il credere, che lo sbandamento della vena fosse in massima parte esterno, tenendovi tutto lo spazio bisognevole a dilatarsi, senza spingere il suo sforzo fin entro alle viscere del cilindro. Per agir entro il tubo a questo modo, richiedevasi all' acqua esterna un punto d' appoggio fermo, da cui estendere all' alto la sua reazione in linea retta. Convenivale una forza, onde vincer l' altra della velocità dell' acqua scorrente pel tubo. A ciò ottenere era necessario un sostegno anche alle parti laterali della vena. Se queste cedevan più facilmente, che la parte dell' acqua discendente pel cilindro; l' azione de' filamenti interni, ributtati dalla lastra, dovea sfogarsi più tosto lateralmente, ove la resistenza era incomparabilmente minore, e dove cerca sempre risorsa nelle sue angustie.

A bello studio io entro, e mi raggiro nella considerazione, e nella disanima delle circostanze tutte, accompagnatrici degli sperimenti, e perchè in realtà dipende da esse la concordanza dei fatti colle Teorie, che propongomi di dimostrare, e per addestrare vieppiù i miei Discepoli, pei quali scrivo principalmente, alle riflessioni più intime de' modi, coi quali agisce l' acqua, e degli effetti, che portar possono negli sperimenti. Dalla quasi inesplicabile inavvertenza a questi è derivata poi la tanto assurda opinione di tutti gli Idraulici, che gli sperimenti non concordin colle Teorie, che io ho gia atterrata nel primo Tomo delle Teorie, e proseguo il mio impegno in questo secondo, accordandola con altri sperimenti finora inesplicabili.

LE-

LEZIONE II.

Sortendo l' acqua a bocca piena da un tubo cilindrico, applicato al foro di un vaso; la contrazione della vena, che succede in un semplice foro, non viene distrutta: diminuisce soltanto in ragione dell' intoppo, che scontra nel tubo.

I. Sono decisive a mio favore le sperienze fatte dall' Abate Bossut, nella parte II. Capo IV. numero 380. Tenendo l' acqua in un vaso l' altezza di 11 piedi, 8 pollici, 10 linee, per un cilindro di un pollice di diametro, e 4 di lunghezza, sortirono, a bocca piena, in un minuto pollici cubici d' acqua 12274. Per altro cilindro di ugual diametro, lungo 2 pollici, non ne sortirono, che 12188, e per un terzo, lungo solamente un pollice e mezzo, 12168. La quantità naturale, che senza contrazione dovea sortire dal primo cilindro, era di più di 15072 pollici. Se ne sono sortiti tanti di meno; dunque vi ha avuto luogo la contrazione. E se ciò è avvenuto nel cilindro di 4 pollici d' asse; molto più anche era d' aspettarsi negli altri più brevi.

II. Per distrugger la contrazione, richiederebbesi, entro il tubo, una forza, maggiore di quanta ne tengon le particelle per le curve, la quale le distogliesse totalmente da quelle, per farvi prendere una direzione perpendicolare. Ciò è troppo chiaro, nè non esige prova. Qual forza pertanto può opporre ad un acqua, cadente per un tubo, e spinta dalla pressione del fluido soprastante, un semplice strisciamento, lungo le pareti d' un levigatissimo cilindro, lungo appena 4 pollici? Abbiam da Mariotte l' esperienza da lui esposta nella seconda Parte, Discorso secondo, Regola prima pagina 394 dell' edizione all' Haye 1740, di cui si è parlato alla pagina 7 del Tomo I In essa sperienza ottenne di elevare un peso, grave un quinto meno dell' acqua tutta, inchiusa entro il cilindro, alto 10 piedi, collo sforzo dell' acqua stessa discendente per esso. Mentre al principio dello sgorgo stavasi immobile il peso, cedè all' urto, poichè l' acqua fu per buona parte discesa pel tubo. Lo strisciamento alle pareti del tubo non impedì all' acqua, di acquistar la velocità di discesa, e la forza capace di sollevare il peso. Molto meno vi avrebbe tolta una velocità, già impressa da una pressione di fluido soprastante. Vero è, che l' acqua non discendeva pel tubo, che a filamenti puramente perpendicolari, standosi il tubo perpendicolare, che secondavan la direzione della gravità delle particelle

celle acquee. Non era animata da niuna forza, che la portasse contro le pareti, come sì vedrà in seguito. Lo sfiancamento per ogni verso, prodotto dalla pressione delle particelle sopra poste, quando sono in quiete, non agiva contro i lati del cilindro, essendo l' acqua in moto. Nel caso de' tubi, aggiunti ai fori de' vasi, le circostanze son diverse. L' acqua vi entra con tendenza curvilinea da tutte lé parti, e porta la direzione de' suoi filamenti contra le pareti de' tubi. Se si potessero quelli incrocicchiare, andrebbero a ferire in una piccola fascia orizzontale, al di sotto del luogo della massima contrazione della vena. Quelli della destra del foro urterebbero a sinistra del tubo, e i sinistri alla destra, e in simil guisa gl' intermedj della fascia urtante. Il concorso però circolare di tutti essi nel sito della vena contratta, fa, che elidansi scambievolmente, e mettan termine alle lor curve, nel circolo della sezione della vena contratta, che stringon da tutte parti. Ciò non toglie però, che all' azione, che esercitano nell' estremità delle lor curve, che cozzano insieme, sebbene alla larga, non corrisponda anche dietro esse una reazione contro i lati, se l' acqua li tocchi. Il fluido in quiete preme ugualmente verso ogni parte. Nel moto questa pressione si esercita come può, per quella parte sola, che può agir lateralmente. Quindi nel tubo aggiunto, i filamenti, che vi entrano per curve, debbon di necessità portare la loro impressione contro le pareti, nel sito, ove può cadere, movendovi tra esse l' acqua. Dalla percossa prima deve nascerne un ripercotimento del tubo, verso l' opposta parte, con angoli di riflessione uguali, come si può, agli angoli d' incidenza. Urta adunque in questi tubi aggiunti l' acqua fluente, nulla da se non urtando nel cilindro del Mariotte, cioè ne' suoi lati. Ma gli urti, e saran molto obbliqui, e pochi di numero. Nè la somma, nè la forza di tutti essi non può superar quella, con cui le particelle muovonsi per le curve. La sezione del tubo, maggiore, e non di poco, della sezione della vena contratta, o sia del vero foro, dà agio all' acqua, che spiegasi per uno spazio più grande, di premer meno contro il totale delle pareti interne del tubo.

III. Con tutto ciò non è da negarsi, che l' acqua per un tubo trova maggiore resistenza, che per l' aria aperta. La forza qualunque siasi del soffregamento, per la scabrezza di molte parti, e l' attrazione delle pareti, che spesso ha luogo, e i ribattimenti successivi da' punti più salienti; vi rallenteranno alquanto il moto, più di quello, che opererebbe la caduta libera per l' aria. Non sortirà dunque l' acqua dal tubo con quella libertà, con cui scende per l' aria. Trovandosi il tubo più grande di sezione, che la sezione della vena con-

tratta, vi sarebbe luogo a contenere qualche parte rallentata dalle resistenze, o dalle reazioni; finchè la raccolta fosse di tal altezza nel cilindro, onde, accrescendo la velocità dell'acqua scorrente, potesse sortirne, e l'acqua, che somministra il vaso, e quella, che andasse rattenendosi. Ma intanto l'acqua rattenuta dalle asprezze, e dalle ripercussioni, e dalla mutua attrazione, se si alzasse entro il tubo fino al sito della vena contratta, sarebbe d'impedimento alle curve, che entran nel cilindro, di serrarsi maggiormente insieme. Oltre l'acqua, che sorte dal foro superiore, entrerebbe nel circolo della lotta, ancor l'acqua rattenuta, che andria montando in sù per lo spazio maggiore, che ha il cilindro, sopra la vena. O che la vena in grazia di questo ingorgo, si contrarrebbe alquanto sopra, e più vicina al fondo, per isfuggire la resistenza, o che nel sito suo primo rinserrando pur l'acqua, che si frammischiasse tra essa; la sua sezione riuscirebbe maggiore, minorandosi la contrazione, in ragion dell'ingorgamento, e dell'acqua arrestata, che monteria ad ingombrare il sito lasciato libero dalla vena. Invece dunque di distruggersi la contrazione, non può far, che diminuirsi.

IV. La ragione, che all'Abate Bossut parve la più vera, per cui l'acqua sortita da tubi fosse inferiore di tanto all'acqua naturale, che sortirebbe da un semplice foro di ugual diametro, si fu questa; che la velocità, con cui sorte l'acqua dal tubo, non fosse dovuta, che ad una porzione dell'altezza dell'acqua stagnante nel Conservatorio, e non gia all'intera. Così egli alla pagina 54, numero 387. In prova di ciò al numero 388, adduce l'esperimento de' getti per tubi annessi al foro, che montano men alti, che le vene per fori semplici.

Tal ragione però non è da ammettersi. Se la giunta del tubo fa sì, che la velocità, con cui vi passa l'acqua, debbasi a minor parte dell'altezza del fluido raccolto nel Conservatorio; quanto è più lungo il tubo, la velocità dovrebbesi ad una porzion sempre minore d'altezza. Dunque minori quantità di acqua se ne estrarrebbero. Ciò è contro il fatto. Ebbersi come consterà tra breve, 30 pollici di più dà un tubo di due pollici, che dà un tubo di un pollice, e mezzo; e 96 di più da un tubo di 4 pollici, che da quello di 2; e 126 dallo stesso di 4 pollici, che da altro di 18 linee. Dunque non regge la ragione dell'Abate Bossut. Come può egli poi sostenere, che, per la giunta del tubo, la velocità del fluido uscente debbasi ad una parte sola dell'altezza del fluido stagnante; se ammette, che la vera altezza dell'acqua ne' tubi aggiunti, alla quale proporzionasi la velocità, è la radice di

di tutta l'altezza dell'acqua nel vaso, e di quella eziandio nel tubo? Le radici delle altezze saran maggiori per lui nel caso de' tubi aggiunti, non solo che in quello de' semplici fori, ma sempre più cresceranno, quanto i tubi usati nello sperimento saran più lunghi. Se però le velocità, com'egli insegna, rispondono alle radici delle altezze, si dovranno anzi a maggior parte d'altezza d'acqua nel Conservatorio, quando i tubi sono aggiunti ai fori, e quando i tubi son più lunghi, a maggior parte cioè dell'altezza, a cui devesi lo sgorgo naturale.

V. Per convincersi ancor più con altro fatto della insussistenza della ragione dell'Abate Bossut, osservisi, ciò, ch'egli non nega, che non solo sgorga da' tubi aggiunti sempre maggior copia d'acqua, quanto più crescon in lunghezza; ma che n'esce molto di più eziandio, che da' fori uguali aperti in semplici lastre, da' quali spiccia l'acqua al tutto libera. Secondo i suoi calcoli a pagine 57 numero 392, da un orificio di 26 linee di diametro, sotto un altezza costante di 256 linee d'acqua, stagnante nel vaso, raccolse il Marchese Poleni in un minuto pollici cubici 15877, e per un tubo cilindrico di ugual foro, e lungo linee 91 n'ebbe 23434. Secondo i suoi proprj sperimenti da un foro di 6 linee di diametro, sotto l'altezza d'acqua di linee 552, sortirono in un minuto da un tubo, lungo 2 pollici, senza attacarsi alle pareti la vena, pollici cubici 1293, come da un foro in lastra sottile; e quando l'acqua strisciava alle pareti del tubo, ne uscirono pollici cubici 1689. Per altro foro di 10 linee di diametro, posto sotto un altezza d'acqua stagnante di linee 288, raccolse a tubo non pieno, e come da semplice foro pollici cubici 2603, e a tubo pieno pollici 3402. Molto maggior acqua adunque scaturisce da tubi, che da' semplici fori. Se la più vera, e particolar ragione, per cui minor acqua della naturale esca da' tubi aggiunti, fosse la velocità dovuta ad una minor altezza della esistente nel Conservatorio; ne apparirebbe un indizio ancor riguardo all'acqua da semplici fori. Quanto è minore la velocità pei tubi, riguardo a quella produrrebbe lo sgorgo dell'acqua naturale; minore d'altrettanto sarebbe, prescindendo dalla contrazione, a confronto di quella, che genera l'efflusso da' semplici fori. Tanto la naturale, quanto la effettiva de' fori, dipende dall'altezza medesima. Siam tanto lungi però d'ammettere un effetto di minore altezza nell'acqua dedotta da' tubi, che dovrebbe dirsi piuttosto, che si accrescesse l'effetto dell'altezza, di quello che scemasse.

VI. Se intendesse Bossut, che la velocità, con cui passa l'acqua pe' tubi, non si dovesse a tutta l'altezza dell'acqua

 del

del Conservatorio sopra il foro, perchè la forza dell' acqua nata dall' altezza impiegasi a far gonfiare la vena, per l' intoppo, che incontra nel tubo, come accenna al numero 403; neppur ciò accorderebbesi col fatto, che dà più acqua sortita pel tubo, che pel semplice foro. Un debilitamento maggiore di forza nel vaso, darebbe minor velocità, e minor copia d' acqua. Oltre a che il gonfiamento della vena, che rende poi la contrazione minore, e proccura un maggiore scarico, procede da ingorgo, e da resistenza inferiore al sito della massima contrazione, più che da sforzo di forza superiore, come dimostrasi al numero III.

LEZIONE III.

Fuori de' tubi aggiunti a' fori si contrae la vena, ma da essa non dipende la quantità dell' acqua, che tramandasi dal vaso.

I. L' Abate Bossut non ha creduto, che fuor del cilindro si contraesse la vena. Eppure egli ha ammessa varie riflessioni, e ripercussioni de' filamenti acquei della vena contro le pareti del tubo aggiunto. Il Marchese Poleni però misurando la vena, che sortiva da un cilindro, lungo linee 91, che aveva il diametro di linee 26; la trovò di sole 24 e mezza, sotto l' altezza d' acqua nel vaso di linee 256. Sotto altra altezza di linee 128, misurò il diametro della vena che riuscì di 25. Non solo qui si osserva contrazione nell' acqua, che sorte dal tubo, ma anche una maggiore, sotto un altezza più grande, come nell' acqua, che sorte da semplici fori.

II. O il cilindro adunque è assai breve, e non alterandosi nulla la contrazione del foro interno, proseguendo cioè le curve ad unirsi nel sito, come nell' aria libera, perchè, o niuna, o una solo insensibile resistenza incontrano dalle pareti del cilindro, che, o non le tocca, o non fa, che lambirle; trasfondesi l' acqua dal tubo, come da un foro. O la lunghezza di quello è tale, onde urtando l' acqua, e fregando nelle pareti, patisca atl ritardo, onde ingorgare, e costringer la vena a ingrossarsi, come si è esposto nella Lezione superiore; e allora minorerà la contrazion superiore, in ragion del rigurgito. Ma insieme dalla tendenza, con cui per le sue curve affacciasi l' acqua all' orificio di sopra, ricevendo dai lati opposti del tubo contrarie riflessioni, come è detto al numero II. della Lezion precedente, le quali, sebben più debolmente l' una dell' altra si van reiterando, e per la cortezza del tubo conservandosi in parte; nell' uscita dall' ultimo ori-

orificio danno all' acqua sgorgante quel ripiegamento, per cui fuori dal tubo si fa la contrazione, effetto della direzione delle curve superiori, che non è bene estinta.

III. Nè non è da imaginare, che molte siano le reazioni delle pareti, dalle quali si debba estinguere, in poco corso dell' acqua, la sua tendenza curvilinea. Un filamento acqueo mosso per una curva, non può sentir la reazione della parete, se non nel sito, ove anderebbe a ferire, se non ne fosse distolto. Avendo però per lo tubo un moto di caduta veloce, ed accelerato, in pochi punti può urtare nel tempo, che vi impiega nella discesa. Non son però da concepirsi in esso le azioni, e le reazioni, come se l' acqua non vi avesse moto. In questo caso sarebber molte di numero, e potrebber forse estinguere la tendenza curvilinea delle particelle, o sommamente indebolirla. Nel moto accelerato, con cui cadono, rifletteranno, e poche volte, e con un angolo assai ottuso, in cui soffron meno, e si uniranno a formar la contrazione fuori del tubo, e per la minore curvità de' filamenti, in maggior distanza da esso, che da un semplice foro. Ove quella, che esce da un foro, è chiara, e lucida, come un cristallo; l' altra, che sorte, da un tubo, per osservazione del Marchese Poleni, è meno trasparente: e tale deve renderla l' alterazion maggiore delle particelle del fluido, per le riflessioni, che patiscon nel tubo. Ho spiegato ciò diffusamente, per addestrare i miei Discepoli ad analizzare i moti composti. Scrivo per essi, e debbo supplire alle cognizioni, che loro mancano, per conoscere il modo d' operare della natura.

IV. Neppure non è da pretendere, che la contrazion della vena fuori del tubo nasca dall' assottigliamento proprio alla caduta dell' acqua con moto accelerato. La contrazione non sarebbe sì prossima all' orificio, se nascesse dall' acceleramento. In quel sito dovrebbe trovarsi nel massimo grado, ove discendesse l' acqua colla massima velocità, senza restar divisa dal mescolamento dell' aria, come si è veduto nel Tomo precedente. Lo stesso avverrà fuori del tubo. Dopo la contrazion, nata dalla residua tendenza delle particelle per le curve, colla quale si è presentata al principio del tubo; si allargherà col flusso contrario delle curve medesime, per prender poi l' assottigliamento, proprio alla sua caduta, finchè non sia disturbata dall' aria, che deve traversare. Abbiamo una prova certa, che la contrazione, che si osserva fuori del tubo, nasca non dall' assottigliamento per la caduta, ma dalla tendenza anteriore dell' acqua per le curve, colla quale entra nel cilindro. Se nascesse dall' assotigliamento per caduta; sotto un altezza di 542 linee, la contrazione dovrebbe

es-

essersi trovata maggiore, che in un altezza di 128, della quale si è parlato al numero I. Eppure il Poleni al suo numero 41 non trovò la vena più contratta.

V. Una ragione, che all' Abate Bossut sembra evidente, per negar la contrazion della vena fuori del tubo, si è quella, che la vena, sortendo a pieno tubo, conservi la forma cilindrica del tubo. Non osserva, come il Poleni, se esca ugualmente chiara, e criſtallina, come da semplice foro; non cerca la cagione della minor chiarezza; non ne misura il diametro. Ma perchè l' acqua sfugga di contraersi nella sua vena, sortita che sia dal tubo, non baſta, che lunghesso ritenga la forma cilindrica. Conviene oltre di ciò, che le particelle, mentre sortono sotto una massa cilindrica, abbiano presa una direzione, diversa da quella, con cui sono entrate nel tubo, e ove tendevano a scorrere per una curva, trovinsi determinate per linee perpendicolari all' orizzonte, e tra di se parallelle. Se scorrendo pel tubo sotto una massa cilindrica, ritengan parte della tendenza per le curve, che non siasi potuta diſtruggere dalle poche rifleſsioni nelle pareti del tubo, ad un angolo assai ottuso; sortite dalle anguſtie del tubo, seguiranno per quella ſtrada, per cui erano antecedentemente determinate per curve; e formeranno la loro contrazione fuori del tubo. La ragione dall' Abate Bossut addotta, potrebbe encor provare, se fosse vera, che l' acqua non dovesse contraersi per un semplice foro: dacchè nel sortire da esso, per tutta la grossezza della laſtra, ritiene una figura cilindrica. Ma, non oſtante queſta figura, la direzion superiore delle particelle per le curve, le determina a reſtringersi insieme fuori del foro; quando perseveri parte di queſta direzione, anche fuori del tubo; debbon parimente unirsi, come loro il permetterà la forza della prima tendenza, che loro avanza.

VI. Finchè la lunghezza del tubo aggiunto non è tale, per cui il ringorgo dell' acqua, sotto al sito della massima contrazione, rialzandosi verso il foro superiore, opponga a' filamenti una reſiſtenza uguale alla forza, con cui le loro particelle passan per le curve; non si impedirà mai la contrazione al foro superiore. Finchè queſta perseveri; sarà sempre maggiore di qualunque contrazione possa farsi nel di fuori del tubo. La forza delle particelle per le curve del foro superiore la vincerà sempre sulla forza delle particelle per le curve del foro inferiore, perchè queſta, dalle rifleſsioni nelle pareti del tubo, verrà debilitandosi. E come l'acqua, che tramanda il foro inferiote, non può esser maggiore di quella, che somminiſtra il superiore; se v'ha differenza di forza nelle particelle dell'uno, e dell'altro, deve moſtrarsi unicamente nella maggio-

giore, o minore velocità, e contrazione. Se la velocità è minore nell'orlo estremo del tubo; la sezione della vena sarà più grande. Il maggior corso d'acqua compenserà la minor velocità, e la contrazione sarà minore. Nel tubo superiore, ove sia maggiore la velocità, spingerà una colonna più ristretta, e più contratta. Veggasi il numero VIII. della Lezione V.

VII. La vera sezion però della vena colà esser deve, ove la velocità è la maggiore, e ove determinasi la vera larghezza del foro, che somministra l'acqua del vaso al tubo. Anche le varie sezioni de' fiumi prendonsi dal tronco d'alveo più regolato, ove l'acqua non intoppa nelle rive, e scorre il più rettamente. Quantunque la stessa massa d'acqua tramandisi per una sezione d'acqua sregolata, che per altra regolare, prendesi la misura del fiume, ove il suo corso è meno disturbato. Se vogliasi aprire a quello alcun nuovo alveo; vi si danno le dimensioni tratte dal ramo più retto, e uniforme. L'acqua, nel suo ingresso nel tubo, ed ha il maggior moto, e il meno disturbato. Ha il maggior moto, perchè prodotto dalla pressione del fluido superiore, che unisce le sue forze nella sezione della vena contratta; lo ha meno poi disturbato, perchè non ancora soggetto alle riflessioni, che patisce nel tratto seguente del tubo. La quantità ancora dell'acqua è in ragion composta della radice dell'altezza del fluido soprastante, e dell'area del vero foro. Come però la sola altezza, che produce lo sgorgo, è quella, che trovasi, dalla superficie del fluido stagnante nel vaso, fino al sito della massima contrazione; così la vera area del foro non può esser che quella della vena più contratta. Nella Lezione seguente apparirà che l'altezza dell'acqua nel tubo non può computarsi, e che la sezione della vena, fuori del tubo, è troppo grande, per misurare esattamente la quantità dell'acqua sortita dal tubo. Non dipende dunque la quantità dell'acqua, sortita da' tubi aggiunti, dall'area della contrazione, che si forma fuor di essi.

VIII. In un caso particolare, immaginato dall'Abate Bossut, potrebbe pretendersi, che la quantità dell'acqua dipendesse dalla Sezione della vena, fuori del tubo. Il caso è questo. Fingasi, che l'acqua del vaso si sostenta con un turacciolo, posto alla metà del tubo aggiunto. In questo caso non v'è contrazione. Fingasi di più, che vengasi a poco a poco colla mano abbassando il turacciolo. Neppur in questo caso, dice l'Abate Bossut, non vi sarà contrazione: dappoichè, il moto del turacciolo essendo minore del moto delle particelle del fluido soprastante; queste ribalzano, o reagiscono all'insù

A

a gonfiare la vena, e a farle riempiere tutto il tubo. Levato in fine il turracciolo, pretende lo stesso autore, che continuerà a sgorgare l'acqua a tubo pieno, perchè, prima di levarlo, la vena era gia gonfia, fino ad occuparlo tutto. Così egli alla pagina 62, numero 400. Dunque, in questo caso, la quantità dell' acqua dovrebbe dipendere dalla Sezione della vena fuori del tubo.

IX. Per conoscere a un colpo d' occhio l' insussistenza di questa dottrina; basta riflettere alla conseguenza assurda, che se ne dedurrebbe. Giusta i suoi principj, in simil caso non vi è contrazione al principio del tubo. Ma non ve n' è neppur fuori di lui, perchè, sgorgando l' acqua a tubo pieno, non si contrae la vena a suo giudizio. Dunque non avendovi contrazione, nè al principio, nè fuori del tubo, si otterrebbe da tale sperimento la quantità naturale dell' acqua, il che è lontanissimo dal vero.

Esaminando a parte le ipotesi, ch' egli assume in questo caso; non si può comprendere in niuna guisa in primo luogo, come nell' atto di abbassarsi il turacciolo, il moto delle particelle dell' acqua del tubo sia più veloce del moto del turacciolo. Se lo spazio, che a quelle si dà a muoversi, dipende onninamente da quello, che loro cede il turacciolo; il moto sarà uguale nell' una, e nell' altra parte. Se si facesse l' ipotesi, che si abbassasse tanto in un attimo il turacciolo, che non potesse accorrervi pel foro nel tempo stesso tant' acqua, quanta è lo spazio abbandonato; sarebbe allora più presto il moto del turacciolo, che quello dell' acqua. Non so però vedere, come il maggior moto delle particelle d' acqua debba dare all' ingiù a gonfiare la vena. Non avendo l' acqua pel tubo il moto libero dell' esito, non so vedere in secondo luogo, come si contrarrà la vena, non gia pel ribalzo immaginato dall' Abate Bossut, ma perchè le particelle acquee, per le curve inesistenti, non avran la forza di contrarsi, nè la chiamata, come nel moto loro espedito. Per ciò la vena non solo si attaccherà alle pareti, ma vi premerà contro in ragion dell' altezza. Levato poscia il turacciolo, e data all' acqua superiore tutta la chiamata pel foro, e alle curve tutta l' agevolezza di disporvisi all' intorno, e di rinserrarsi sottesso, e di contrarvi la vena; questa si scosterà dalle pareti, se possa passarvi entro senza toccarle, e ne lambirà quella parte estrema soltanto, che non potrà scansare. La vera contrazione si farà entro il tubo, e nel caso, che varie riflessioni avesse a patirvi entro, si contrarrà ancora al di fuori, in ragione del residuo di tendenza curvilinea, che vi apporterà. Non vale dunque l' argomentare da ciò, che avverrà dentro il tubo,

quan-

quando sia otturato per metà in lunghezza, per dedurre ciò, che avverrà nel medesimo, quando sia perfettamente libero.

Nè anche l'attrazione delle pareti bagnate d'acqua, che a detta dello stesso Abate Bossut, pagina 63, numero 401, è pochissima, non potrebbe vincer la tendenza de'filamenti per le curve per attrarli a se, e spogliarli della loro inclinazione a contrarsi fuor del vaso, la quale è d'energia maggiore, di quel che sia l'attrazione delle pareti bagnate, riguardo essi.

LEZIONE IV.

La quantità maggiore dell' acqua, che esce da un tubo aggiunto, che da un semplice foro, dipende dalla minor contrazione, che si fa nell' ingresso dell' acqua nel tubo; non mai dall' aumento di velocità nella vena dalla maggior altezza dell' acqua, che si ha all' orificio inferiore del tubo, per l' aggiunta del tubo stesso.

I. La quantità dell' acqua, ch' esce dall' ultimo orificio del tubo, dipende certamente da quella, che entra pell orificio superiore. Di ciò non può muoversi dubbio. Ma quella, ch' entra nel tubo non dipende in niuna maniera dall' aumento di velocità nella vena per l' altezza aggiuntasi a tutta l' acqua, continuata fino all' orificio inferiore. E la ragione è manifesta. Il tubo aggiunto non può accrescere all' acqua, che vi entra di sopra, maggior velocità di quella, che avrebbe scendendo liberamente per l' aria: anzi per la resistenza dei lati scabri, e delle riflessioni, che in essi deve fare un fluido, ch' entra per curve nel tubo, deve indebolirla. Se dunque il tubo aggiunto non può che infiacchire la velocità, che dominerebbe per un semplice foro; non può esser cagione, che maggior copia d' acqua si insinui per esso, la quale è in ragione della velocità nel foro stesso. Non è pertanto maraviglia, se siasi sudato finora in vano, a ritrovar la ragione delle quantità d' acqua tramandata da' tubi colle radici delle altezze, compresavi l' acqua trascorrente pel tubo. Ma se la quantità dell' acqua, che sorte da' tubi aggiunti, non dipende in niuna guisa dall' aumento di velocità nella vena, per l' accresciuta altezza dell' acqua nel tubo; non può da altro dipendere un cotal aumento, che dall' ingrossamento maggiore, che fa la vena, in grazia del tubo applicato, ossia della minor contrazione. Veggasi il numero V. della Lezione susseguente.

II. Prendo a esaminare gli sperimenti fattisi coi tubi ag-

giunti a' fori. Il Marchese Poleni numero 34 *de Castellis*, sotto un altezza d' acqua di linee 256, con tubo aggiunto di linee 91 di lunghezza, empì un vaso di 75035 pollici cubici, in 3 minuti primi, e in 7 secondi. Accrescendo, all' altezza delle 256, quella ancora fino alla massima contrazione, si può fissare la totale altezza a linee 270, dacchè essendo il foro di linee 26 di diametro, si può credere, contrarsi la vena, in distanza di linee 14 da esso. Per sapere la quantità dell' acqua, useremo di questa proporzione, se in 187 secondi si ebbero 73035 pollici cubici; in 60, quanti ne saran sortiti? Risulta il numero di 23434. Cerchisi ora il numero, che senza contrazione se ne avrebbe. Il tempo della discesa dall' altezza delle linee 270, sarà pel corol. IV. della Lezion IV. del Tomo I. $= \frac{\sqrt{270}}{\sqrt{2172}}$, cioè $\frac{16\frac{5}{12}}{46+\frac{14}{23}}$. In questo, dovendo l' acqua percorrere un doppio spazio; trappasserà linee 540. L' area d' un foro di 26 linee di diametro, quale ha il tubo, sarà di linee quadrate 520, che moltiplicate per la doppia altezza, cioè per 540, daranno linee cubiche 280800, che uscirebbero nel tempo $\frac{16\frac{5}{12}}{46+\frac{14}{23}}$. Multiplicando le linee cubiche 280800 per $46+\frac{14}{23}$, e dividendo il prodotto per $16\frac{5}{12}$, ne sarebber sortite, in un secondo, linee cubiche 792145, e in un minuto, 47528700, che divise per 1728, numero delle linee cubiche, contenute in un pollice cubico, rendono pollici cubici 27500 scarsi. Non ostante dunque lo sgorgo a pieno tubo; la contrazione della vena impedì dal sortirne 4066 pollici cubici.

III. A determinare in seguito qual diametro competa a questa vena contratta; basta usare la seguente proporzione: se 27500 sarebbero sortiti da un area di 520 linee quadrate; i 23434 da qual area dovranno esser trasmessi? Risulterà questa di linee quadrate $443\frac{3180}{27500}$. Essendo l' aree, come i quadrati de' raggj, se si farà 520 area del foro 26, a 169, quadrato del raggio 13; così 443 area della sezione della vena contratta, al quarto termine; si troverà il quadrato del raggio della vena contratta di linee 144, che importa un raggio di linee 12. Fu dunque il diametro della vena contratta al superior foro di linee 24. Fuori del basso orificio del tubo,

bo, trovolla il Marchese Poleni di 24 e mezzo, misurata orizzontalmente. La contrazione da attendersi non è dunque l'esterna, cappoi che secondo questa, una maggior quantità di fluido sarebbesi searicata, di quella, che si ebbe nello sperimento. Questa è la prima conseguenza, che segue dall'esame proposto. La vera contrazione, per un semplice foro di ugual area a quella del tubo, portò una vena del diametro di linee 20 e mezza, come ha lo stesso Poleni, al numero 35. Fu dunque minore la contrazione al foro superiore del tubo, che al foro semplice, e la vena ebbe maggior diametro, e quindi pel tubo più larga copia di fluido potè trasmettersi. Dalla minor contrazione adunque della vena all'orificio primo del tubo, che dal semplice foro, si può ripeter la maggior quantità del fluido, ch' esce, senza che punto abbiavi a cooperare l'altezza dell'acqua nel tubo aggiunto, ad accrescervi la velocità. L'ingrossamento adunque della vena nel principio del tubo, non l'aumento di velocità nella vena, per la maggior altezza dell'acqua nel tubo, spiega l'esperimento. Questa è la seconda conseguenza.

IV. Nel secondo sperimento del Poleni posto al numero 40, l'altezza dell'acqua fu la metà della superiore, cioè di linee 28, e il tubo aggiunto fu il medesimo. Empì il vaso in 4 minuti primi, e in 24 secondi. L'acqua sortita in un minuto fu di pollici cubici 16599. Senza la contrazione dovean sortirne 19921. La contrazione fe' dunque rattenerne 3322. L'area della vena convenienre fu di 433 linee quadrate, il raggio di 12 scarse, e il diametro di 24 scarseggianti, del doppio della scarsezza sulle 12. La vena esterna misurata dal Poleni fu di 25. Non è dunque da attendersi a questa, con cui una copia maggiore sarebbesi raccolta della offerta dallo sperimento. Da altra parte la vena contratta nel semplice foro fu; come al numero 44, di linee 20 e mezza. La contrazione minoro dunque di molto in un altezza minore pel tubo aggiunto, e ringrossata per ciò la vena, e il vero orificio, trasfuse maggior acqua, che pel foro, senza che sia necessario ricorrere ad aumento di velocità dall'altezza aggiuntasi dell'aequa nel tubo.

V. L'Abate Bossut nell'esperimento suo primo al numero 380 da un altezza di piedi 11, e pollici 8, e linee 10 d'acqua nel vaso, e con un tubo aggiunto di 48 linee di lunghezza, e 12 di diametro, ottenne in un minuto pollici cubici 12274. Senza contrazione, accrescendo l'altezza degli 11 piedi, 8 pollici, e 10 linee, di sole altre 7 linee, quante potevano aggiungersi fino al sito della massima contrazione, ne sarebber sortiti pollici cubici 15072. Per la contrazione adunque

ne sortirono di meno 2798. L'area della vena contratta fu di $52\frac{491}{15072}$ linee quadrate. Il quadrato del raggio di $29\frac{18}{111}$; il diametro di linee 10, e 8 particelle. Per un orificio semplice il diametro della vena contratta dovea essere di linee 9, e un quarto circa.

VI. Nell' esperimento secondo col tubo aggiunto di 24 linee, se ne rattennero, per contrazione, pollici cubici 2884. L' area della vena contratta, al principio del tubo, dovea essere di $91\frac{1518}{15072}$; Il quadrato del raggio $29\frac{13}{111}$. Fu dunque maggior contrazione nel tubo più breve, che nel più lungo. Infatti sortiron da quello 86 pollici cubici di meno.

Nel terzo sperimento col tubo pieno, di linee 18 di lunghezza, l' area della vena contratta fu di linee quadrate $91\frac{4357}{15072}$. La contrazione crebbe ancor più, che nell' esperimento secondo, e uscirono infatti 20 pollici cubici di meno. Per un simile foro, essendo sortiti, dall' altezza medesima, pollici 9281, il quadrato del raggio della vena contratta non può essere che $20\frac{44}{111}$.

La massima contrazione si ha pertanto da un semplice foro. Colla giunta del tubo, si minora la contrazione, e ingrossa la vena, quanto il tubo è più lungo. Senza ricorso all' aumento di velocità per l' altezza dell' acqua nel tubo, che non può far crescere la velocità nell' ingresso al tubo, lo scemamento di contrazione spiega a maraviglia le sperienze.

VII. Un altro disinganno discende consentaneamente dalle cose premesse. Si è voluto far credere, che la sortita dell' acqua a tubo pieno, paragonata coll' acqua trasmessa a vena contratta, riesca alcun poco maggiore della ragione di 13: 10. Per sostener tale opinione, si è dovuto fissare, che l' altezza dell' acqua a tubo pieno, debba prendersi fino all' ultimo orificio del tubo aggiunto, e che l' altezza del fluido a vena contratta in un semplice foro, estendasi solo al termine della massima contrazione, cioè un semidiametro del foro al di là della lastra, in cui è aperto. Se quindi il diametro del foro, e del tubo aggiunto sia di un pollice, e l' altezza dell' acqua entro il vaso, di piedi 11, pollici 8, linee 10, e se la lunghezza del tubo sia di linee 18; l' altezza dell' acqua riguardo al foro, sarà l' altezza tutta dell' acqua del vaso, più sei linee; e l' altezza riguardo al tubo, sarà l' altezza medesima dell' acqua del vaso più 18 linee. Allora si pretende, che le quantità dell' acqua trasmesse dal foro, e dal tubo, sieno alla ragione, che passa tra le radici delle rispettive altezze, come

13:

13 : 10. E sortendo in egual tempo dal foro pollici cubici $92\frac{1}{2}$, e dal tubo $93\frac{1}{4}$, vogliono che sia $\sqrt{1676} : \sqrt{1708} : : 92\frac{1}{2} : 93\frac{1}{4} : : 13 : 10$, a un di presso. Quefta supposizione però, che può esser vera, in uno sperimento, deve esser falsa negli altri. In un foro di determinato diametro, sotto una data altezza di acqua, si fa sempre la medesima contrazione. Ma nell' altezza medesima si varia la contrazione, giusta la diversa lunghezza de' tubi aggiunti, come confta dall' esame degli sperimenti superiori. Variandosi la contrazione, varia la quantità dell' acqua sortita dal tubo. Non può dunque assumersi sempre, come 13, riguardo al 10 dell' acqua sgorgante dal foro, che è coftante. Quindi sarà falsa ugualmente la regola, che per determinare la vera quantità dell' acqua sortita da' tubi, col mezzo della Teoria, bafti determinare l' area dell' orificio efteriore del tubo, e diminuirla in ragione di 16 : 13. Ma non potendo esser coftante il secondo termine della ragione in ogni lunghezza di tubo, essendo anzi sempre vario; non può mai servire ad una regola generale.

LEZIONE V.

Computata la contrazione, che si fa all' ingresso del tubo; le quantità dell' acqua, che sorte nel medesimo tempo da' tubi aggiunti a' vasi, sono tra di loro in ragione composta delle aree delle vene contratte, e delle radici delle altezze, che terminano semplicemente nel sito della massima contrazione.

I. Confronto i due sperimenti dell' Abate Bossut, sotto il numero 406, Corollario secondo, e sotto al numero 379. Nel primo, ftando l' acqua nel vaso in altezza di 3 piedi, e 10 pollici, per un tubo lungo 2 pollici, e di 6 linee di diametro, ebbe, in un minuto, pollici cubici 1689. Nel secondo, sotto un altezza di 11 piedi, 8 pollici, 10 linee, per un tubo uguale all' altro in lunghezza, e del doppio diametro, ne ricavò 12188. La vera altezza dell' acqua nel primo, compresa la diftanza della maggior contrazione della vena, è di linee 531, la cui radice è $23\frac{1}{23}$. La vera altezza nel secondo, presa al modo medesimo, è di linee 1696, la cui radice si è $41\frac{2}{11}$ prossimamente. La quantità naturale nel primo sperimento è di pollici cubici 2108, colla quale si cava, giufta il solito metodo, che l' area della vena contratta, che ha tra-

man-

mandati soli pollici 1689, è di linee quadrate $22\frac{170}{1108}$. Il prodotto di quest' area nella radice dell' altezza è 522.

Nel secondo sperimento l' area della vena contratta fu di linee cubiche $91\frac{5016}{10072}$, come si ha dal numero V. della Lezion superiore. Il prodotto di quest' area nella radice dell' altezza, è 3763. Ciò posto, se le quantità dell' acqua sortita da tubi aggiunti sono in ragion composta delle aree delle vene contratte, e delle radici delle altezze, che terminano al sito della massima contrazione; saranno in ragion de' prodotti delle aree nelle lor radici. Dovrà quindi verificarsi questa proporzione 1689 : 12188 : : 522 : 3763. Or in questa, se il terzo termine fosse minore solo di una unità, la proporzione sarebbe esatta, e i prodotti dei medj, e degli estremi uguali tra loro.

II. Prendo ora lo sperimento terzo, posto al numero 407, da confrontare col primo del numero 406. L' altezza dell' acqua in questo nuovo foro, fino al luogo della massima contrazione, era di un piede, 10 pollici, 5 linee, perchè l' orificio teneva il diametro di 10. La radice di tale altezza è di $16\frac{11}{27}$. L' acqua naturale, che senza contrazione sarebbe sortita in un minuto, è di pollici cubici 4198. L' effettiva nello sperimento di pollici cubici 3402. L' area della vena contratta sarà dunque di linee quadrate $64\frac{50}{4157}$. Il prodotto di quest' area nella radice dell' altezza è 1050. Se sussiste la proporzione da me stabilita, dovrà essere la quantità sgorgata nello sperimento primo 1689, all' acqua trasfusa nel nuovo sperimento 3402; come il prodotto dell' area della vena contratta nella radice dell' altezza nell' esperimento primo, al prodotto dell' area della vena contratta nella radice dell' altezza dell' altro sperimento, cioè come 522 : 1050. Se qui ancora però il prodotto 1050 fosse maggiore di due sole unità, e nè anche intere; la proporzione sarebbe esatta. Trattandosi d'un prodotto, che risulta da varj prodotti; la differenza di due unità è come nulla. Ed ecco verificarsi la proposizione da me stabilita, e in esperimenti, e di altezze non molto diversi, e molto tra se distanti, e in cilindri, o tubi di piccolo, o maggior diametro.

III. Paragonando insieme lo sperimento terzo del numero 407 col secondo del 379, si avrà la seguente proporzione 3402 : 12188 : : 1050 : 3763. Coll' aumentare di 2 unità circa il prodotto 1050, la proporzione è esatta, e i prodotti de-

degli estremi, e de' medj al tutto uguali. Non potrà dunque negarsi, che la mia proposizione non sia generale. Considerata per tanto la contrazione ne' tubi, come ne' semplici fori, essa varia sempre, come ne' diversi fori, e nelle diverse altezze; così pure ne' cilindri, o tubi aggiunti a' fori, e sempre è minore in questi, quanto son più lunghi in parità dell' altre circostanze. La Teoria però risponde perfettamente agli sperimenti; e col solo principio; che l' acqua si accosta ai fori per curve ad essi proporzionate, spiegasi ogni sperimento colla massima precisione, calcolando gli effetti, che debbon prodursi.

IV. Deriva da ciò per legittima conseguenza, che posta ne' tubi un ugual contrazione; le quantità dell' acque sgorganti saran nella ragione suddupplicata delle altezze; e poste uguali altezze, e tubi di diverso diametro, saranno in ragione delle aree della vena contratta, o sia de' fori virtuali. Non si tralasci di avvertire la modificazione, che prende ne' tubi la vena contratta. Ne' fori in semplici lastre, tre circostanze la variano, cioè l' altezza diversa del fluido soprastante al foro, la larghezza de' fori, e la grossezza delle lastre, in cui sono aperti. Lo stesso succede ne' tubi. La maggior loro lunghezza equivale a un certo modo alla grossezza della lastra. La natura è costante nelle sue operazioni. Se co' miei principj io la ritrovo uniforme ne' suoi fenomeni, e coerente alle sue leggi; questa è una prova della verità de' principj medesimi.

V. Volendo mettere a paragone gli sperimenti pure del Marchese Poleni, posti al numero secondo, e terzo della mia Lezione IV., si verifica a maraviglia la ragione da me proposta in questa proposizione. L' area della vena contratta nel primo sperimento era di linee quadrate $443\frac{1180}{27500}$; la radice dell' altezza era $16\frac{5}{12}$; il prodotto dell' una nell' altra era 7274; l' acqua sortita in un minuto fu 23424. Nel secondo sperimento fu l' area della vena contratta 433, la radice dell' altezza $11\frac{16}{11}$; il prodotto 5157, l' acqua sortita in un minuto 16599. Secondo i miei principj dovrebbe essere 23424 : 16599 : : 7274 : 5157. I prodotti degli estremi, e de medj giustificano l' analoga. Non ho presa, che l' altezza dell' acqua sopra il tubo; colla giunta di 13 linee, cioè del raggio del diametro del tubo, ove è il luogo della massima contrazione, e della vera altezza dell' acqua, producente lo sgorgo. Se avessi voluto prendere la intera altezza dell' acqua esistente nel cilindro, come alcuni vo-

vogliono; la radice di essa nel primo sperimento sarebbe stata di linee $18\frac{7}{10}$ almeno, e il prodotto di 8258. Nel secondo a radice dell' altezza $14\frac{11}{4}$, e il prodotto 6433. Se l'altezza che produce la velocità ne' tubi aggiunti comprendesse la lunghezza pur del tubo, dovrebbe essere 23424 : 16599 : : 8258 : 6433. E i prodotti degli estremi, e dei medj sarebbero 150686592, e 137074542. La troppo loro discrepanza fa vedere, che non regge la proporzione, e che all' altezza, che produce la velocità dell' acqua scorrente, fino al sito della vena contratta, non è da aggiungersi l' altra altezza dell' acqua, che è nel tubo.

VI. Non valutando la contrazione della vena pel motivo che esca l' acqua a tubo pieno, non sussiste in alcun modo l' analogia. Il prodotto dell' area nella radice dell' altezza, nell' esperienza prima, sarebbe 9691, e nella seconda 7720. Nell' analogia 23424 : 16599 : : 9691 : 7720, i prodotti, che n' escono sono 180833280, e 150860909. Passa fra essi maggior differenza eziandio di quella, che risulta tra i prodotti, ne' quali si è computata per altezza, quella pure, che esiste nel tubo sotto alla vena contratta. Non salvasi adunque, se non nella mia sentenza, che le quantità dell' acqua tramandate da' tubi sieno, giusta la Teoria, in ragion composta de' fori, e delle radici delle vere altezze. Il vero foro pertanto si misurerà dall' area della vena contratta, non ostante che sgorghi l' acqua a pieno tubo, e la vera altezza non passerà il sito della massima contrazione, come ne' fori in semplici lastre.

VII Una opposizione, si può promuovere, contro lo stabilito, tratta dal numero 397 della seconda parte, Capo IV. dell' Abate Bossut, col pretendere da ciò, che vi si espone, che ne' tubi aggiunti non intervenga contrazione di vena. Dicassi, che le particelle acquee, entrando colla direzione delle loro curve nel tubo, vi descrivano le parabole Mmx, Nny (Fig. II.) passando quelle della destra parte, alla sinistra, e viceversa. Che perciò s' incrocicchino in O, punto d' intersecazione. Se il tubo aggiunto non è gran fatto più lungo del sito, ove cade l' intersecazione delle curve, permetterassi, che si faccia la contrazione; ma se il tubo sarà più lungo dell' incidenza delle curve in x, y, allora l' urto dell' acqua nelle pareti del tubo, facendo arrestare, e gonfiare alquanto la superficie, l' obbligherà ad espandersi nelle parti ngx, moy, e ad attaccarsi alle pareti, e in tal foggia impedirà la contrazione. Da questo ingorgo inferirassi in secon-

condo luogo, che le particelle, che verran dietro alle M, N, affacciandosi al foro, vengan meno oblique, e accostandosi più al parallellismo, non contraggano più la vena. Se dai punti x, y siavi notabil tratto all' estremo orificio del tubo; parrà quasi certo in terzo luogo, che, o dal soffiegamento nelle pareti, o dalla rinovazione delle percussioni, sia deciso in fine per la contrazione, e non ve ne rimanga pur orma.

VIII. A spiegare l' economia, che tiene nel suo moto l' acqua pe' tubi aggiunti, distinguasi la maniera, per la quale vi trascorre, da quella con che vi agisce. Se considerinsi, come reali, l' incrocicchiamento, e l' intersecazione in O delle particelle moventisi per le curve, si ha tutto il torto a così immaginarli. Il Marchese Poleni avendo tinto alla sinistra il principio d' una vena sgorgante da un foro con inchiostro; la tintura non oltrepassò mai la metà della vena, presa per lo lungo, nè anche nella distanza di 2 piedi. Così egli alla pagina 29, numero 59. Se il colore si sparse per tutta un altra vena, che scorreva entro un tubo parallellepipedo orizzontale, applicato a un foro di 7 linee; ciò non fu, che dopo un piede di distanza dal foro, come al numero 62, e fuori del tubo, che non era lungo che 6 pollici. Dandosi l' incrocicchiamento de' filamenti acquei; il colore dovea propagarsi all' opposta parte, e sotto al punto della intersecazione.

L' azione, ciò nulla ostante, delle particelle, per le curve concorrenti verso O, trovandosi uguale dall' una, e dall' altra parte, cioè tutto all' intorno del punto O, deve riflettersi verso le pareti interne del tubo dalla circonferenza della vena, ove si fa il contrasto di dette azioni, la qual circonferenza della vena contratta sarà quella, che ha il diametro go. L' azione procedente da M, che giunta in o reagirà contro g, verrà da g respinta nel moto del fluido verso H alla sua parte; quella di N da g reagirà in o, e sarà da o portata verso I. Ciò deve discendere necessariamente dalla proprietà del fluido di premere, e sfiancare verso tutte le parti, e dal moto, in cui trovansi le particelle. I punti H, I della ripercossa dei punti g, o, dipendono dalla direzione diversa delle particelle, concorrenti in ragione dell' ampiezza de' fori, e della velocità di esse. Qui è forza a' miei Discepoli d' impiegare tutta la lor fantasia. Sotto una maggiore altezza di fluido stagnante nel vaso, i punti H, I riusciranno più vicini all' estremo foro del tubo, per la maggior velocità delle particelle, che portano una maggior reazione dalla circonferenza go. La reazione de' lati interni del tubo, ribatterà di nuovo l' urto ricevuto. Le forze del ribattimento si affronte-

tatto in un' altra circonferenza della vena discendente, sotto al sito della contrazione, la qual circonferenza riuscirà più larga della prima go, per la minore attività, che possederanno a comprimer la vena, che acquisterà anche velocità dalla caduta. Da questa seconda circonferenza rifletteranno di nuovo alle pareti interne del tubo; e così mano mano. Secondo la lunghezza del tubo, e la maggiore, o minor velocità per esso, si riprodurranno, più, o meno volte, ma sempre più debolmente. Questo è il modo fisico, con cui propagasi per lo tubo l'azione delle particelle moventisi per le curve.

IX. Le riflessioni, che si fan nelle pareti, e i soffregamenti ritardan, non v'ha dubbio, il corso dell'acqua. Un qualche piccolo ingorgo ne sarà l'effetto superiormente, a tenore della resistenza, che l'acqua incontra. Rimontando l'acqua all'insù del tubo, e accantonandosi nella parte ngx, troverebbesi in luogo, ove nulla non la sollecita al moto, se non se la spinta piccolissima, e laterale, che posson comunicarvi le particelle scorrenti per ngo. Non potrebbe quindi operar nulla a distrugger la contrazione. A ciò richiederebbesi, come si è già dichiarato al numero 6 della Lezione III. che la resistenza, che prova l'acqua entro il tubo, agguagliasse la forza delle particelle, moventisi nell'ingresso del tubo per le curve. Tanta resistenza non può aver luogo. Le riflessioni si fanno ad angolo molto ottuso, e son quindi leggierissime. Fannosi da acqua molto veloce, e che tende per la caduta dal sito della contrazione ad accelerare, e a minorare i punti delle riflessioni. Non possono quindi influir molto in tubi di discreta lunghezza, a sbandare affatto dalle loro curve le particelle, che traggono la loro forza dalla pressione dell'acqua sopraincombente, e dalla chiamata del foro. Se spingeranno il ringorgo, non nella sola parte laterale ngx, ma anche orizzontalmente, sopra la circonferenza della sezione della vena go; costringeranno la contrazione a minorarsi, e ad ingrossarsi l'area della vena contratta, e a diffondere maggior corpo d'acqua, quanto il tubo è più lungo, non mai distruggeranno del tutto la contrazione.

Anche l'attrazione delle pareti del tubo ritarda l'acqua, e ne fa correre alquanta attaccata ad esse. Questa pure è una forza debolissima, per impedire la contrazione. Sotto un altezza d'acqua di 2 piedi, e quindi di poca velocità, per un tubo di 6 linee di diametro, e però di molta attrazione; ad un colpo di chiave nel tubo, si staccava l'acqua dalle pareti, lunghe 24 linee, e formavasi la vena contratta come ha sperimentato l'Abate Bossut. Le opposizioni però, che trar po-

potrebbonsi da questo Autore, contro alla contrazione della vena ne' tubi, non sono che frivole.

X. Pretende l'Abate Bossut al numero 409, che le quantità dell'acqua sortita da fori disuguali di tubi, sotto le stesse altezze, sieno nella ragione de' fori, o de' quadrati de' loro diametri, ammettendo solo un poco più di acqua, a proporzione del foro più grande. Se ciò fosse, la contrazione non vi avrebbe luogo, da che l'area della vena agguaglierebbe quella del foro. Confronta egli l'acqua, sortita a piena bocca, da due tubi dell'ugual lunghezza di due pollici, ma di differente diametro, l'uno di 6 linee, altro di 10, sotto un ugual altezza di linee 552. L'acqua trasmessa dal primo, in un minuto, fu di pollici 1689, e dal secondo 4703. Formando l'analogia seguente 1689 : 4703 : : 36 : 100, secondo la regola di Bossut, i due prodotti, che n'escono 132108, e 168400 danno la terribil differenza 36292, che la mostra tosto falsa.

XI. Vero è, che sotto l'altezza di linee 288 l'acqua di fori medesimi provenuta di pollici cubici 1222, 3402, in un minuto, a tubo pieno, trovasi prossimamente in ragione de' quadrati de' raggi de' tubi. I due prodotti 122200, 122472 differiscon di poco. Questa casuale combinazione però non esclude, che non siasi contratta la vena. Una prova certa ne somministrano gli stessi tubi, sotto una pari altezza, quando in essi l'acqua non seguiva le pareti. Le quantità sgorgate in questo caso, certamente sono state soggette a contrazione, cioè le quantità 935, 2603, essendo diverse dalle trasfuse a tubo pieno, e uguali a quelle, che trasmettonsi da un semplice foro. Eppure anche queste due quantità trovansi in ragione de' quadrati dei raggi. Nella proporzione 935 : 2603 come 36 : 100, i due prodotti 93500, 93608 differiscono anche meno, che i prodotti superiori. Se qui dunque non ostante l'uguaglianza dei prodotti degli estremi, e de' medj, non si negherà, che non siasi contratta la vena, non potrà neppur negarsi nello sgorgo a tubo pieno.

La ragione, per cui sia ciò addivenuto, io la ripeto dalla casual conbinazione, che in que' fori, e sotto quelle altezze, l'area delle vene contratte siasi mantenuta nella ragione de' fori stessi. E in verità l'area della vena contratta nel tubo del diametro 10, consta essere stata di linee quadrate $64\frac{50}{4157}$ dal numero secondo di questa Lezione. L'area, pel tubo del diametro 6, è di linee quadrate $22\frac{237}{1496}$. Facendo, omessi i rotti, 23 : 64 : : 36 : 100; i due prodotti 2300, e 2304

 mo-

mostran, che l'aree delle vene contratte, in quella combinazione di fori, e di altezze, si son tenute nella ragione de' fori: ciò che non avviene comunemente.

LEZIONE VI.

Pel maggior numero delle curve, che si affacciano ad un tubo conico, alquanto convergente all'ingiù, che ad un semplice foro, o ad un cilindro di pari diametro nel foro esterno, esce maggior quantità di acqua pel conico, in dato tempo, e sotto uguali altezze.

I. Rinnovasi ne' tubi conici convergenti, cioè colla base più larga al di dentro, e colla base più ristretta al di fuori del vaso, il primo fenomeno, che si è osservato ne' fori delle lastre smussate internamente: che maggior copia di acqua in pari tempo, e sotto uguale altezza provvenga da' tubi conici, che da' cilindrici. Il principio, per cui ciò succede, è il medesimo ne' tubi, e nelle lastre. Per la maggior apertura interna de' tubi conici convergenti, che de' cilindrici, si affaccia ad essi un maggior numero di curve. Oltre a ciò i filamenti acquei, per esse, hanno più campo d'internarsi nella lunghezza del tubo. Non v'ha dubbio, che la colonna d'acqua, che sgorgherebbe dal mezzo del tubo, se fosse cilindrico, nel sentirsi tutto all'intorno premuta nel conico, da' molti filamenti introdottivisi superiormente, non acceleri, massime se ingorgata, per queste forze impellenti accessorie, il suo corso. Accresciuta la velocità si fa luogo all'acqua de' filamenti curvi, per passarvi essa pure coll'altra. Deve dunque sortire ne' tubi conici convergenti, in tempo, e altezze uguali, maggior copia d'acqua, che pei cilindrici: e ciò giusta il mio universale principio, pel maggior numero delle curve, che si affacciano ad un tubo conico convergente, che ad un cilindrico.

II. Ho accennata questa verità al numero IX. della Lezione XVII. del primo Tomo, e vi ho prodotto uno sperimento, che la comprova. Altri me ne somministra il Marchese Poleni nel suo libro *de Castellis* al numero 34, che è posto alla pagina 20. Narra d'aver empiuto un vaso, che conteneva 37035 pollici cubici, con un cilindro lungo 91 linee, e del diametro di 26, sotto un altezza di linee 256, in 3 minuti, e 7 secondi: e con un tubo conico, il cui orificio esterno aveva, di diametro, linee 26, e l'interno 33, ed era lungo linee 92, l'ebbe pieno, sotto una pari altezza d'acqua,

qua, in 2 minuti, e 57 secondi, come leggesi al numero 31. In 10 secondi di meno, si riempì il vaso col tubo conico, e quindi in tempo uguale profuse più acqua. Ridotta questa in pollici cubici, nel tempo di un minuto, fu di 23434 nel tubo cilindrico, e di 24758 nel conico. Questo dunque ne spinse fuori 1324 di più.

Ciò, che più vigorosamente dimostra la mia proposizione, è lo sperimento del Poleni, sotto al numero 55. Smussò alquanto l'orlo interno di una lastra, grossa quattro quinti di linea, che componeva un cilindro, lungo pollici 4, e linee 9. Quantunque il frusto conico, apposto superiormente al cilindro d'ugual diametro, fosse così piccolo, diede però adito a maggiori curve, di concorrere allo sgorgo, onde sotto l'altezza di linee 178, si empì un vaso di 2560 pollici cubici, in un minuto e 3 secondi, quando, senza il piccolo smusso, richiedevansi, ad empierlo, un minuto con secondi 10. Non mi estenderò ad altri sperimenti, essendo certa l'asserzione, che ho avanzata.

III. Se il fatto non mi si può contendere, non mi si vorrà forse passar buona la cagione d'onde il ripeto. Ammettendo un maggior numero di curve concorrenti al foro, si vorrà pretendere a tenore de' miei principj, che nascer ne debba una maggior contrazione, da me sostenendosi, che in un foro più grande, si fa maggior contrazione rispettiva, che in un piccolo, per la maggior curvatura, che prendono i filamenti acquei nell'entrarvi. Una maggior contrazione importa una sezion di vena più piccola, e da questa dipende la minor copia d'acqua, ch'esce dal vaso, di quella che aurebbesi sotto una minor contrazione, cioè con vena alquanto più grossa. Come dunque ne' fori più grandi le curve maggiori producono ristringimento di vena, e nelle aperture de' tubi convergenti non lo producono, onde ne' primi esca una minor copia d'acqua rispettivamente, e una più abbondante nelle seconde?

IV. L'opposizione merita opportuno rischiaramento. La natura nelle stesse circostanze operar deve uniformemente. Se in circostanze diverse opera in altro modo; non è da accusarsi di contradizione. Quando l'acqua sorte per un foro aperto in una lastra sottile, l'altezza delle particelle, che per curve mettono al foro, non può applicarsi, che a contrarre maggiormente la vena, non mai ad accrescere la velocità nel getto. Sortite che siano le particelle, moventesi per le curve dal foro, non trovan più resistenza, sono in un campo libero, ove niente loro non contrasta: posson proseguire la lor direzione speditamente. L'acqua, ch'esce del foro,

ro, e che ha più chiamata, e stimolo alla discesa, è più veloce di esse, che stentatamente si insinuano al foro. Non posson dunque gran fatto accrescere celerità a particelle, che corron più veloci. Non resta loro, che seguire per l'intraprese curve il lor viaggio fino al punto, ove la loro forza vien contusa da quella della vena discendente. Non possono per ciò, che stringere la vena, e il foro virtuale, da cui sorte l'acqua. Colla loro azione da ogni parte contro la vena, impediscono all'acqua di questa di passar ne'contorni, ove esse agiscono, e le restringono il corso a quel solo campo, ove non giugne la forza comprimente di esse curve.

V. Ne'tubi convergenti la condizione dell'acqua è diversa. Troppa più ne entra di quella, che può sortire per un tubo cilindrico, o per un foro uguale di diametro al foro esterno del tubo conico, colla velocità in essi consueta. La parte adunque dell'acqua, ch'entra nel cono, e non può avervi libero il moto, come per un foro, vi troverà ringorgo, e si sbanderà in parte dalle sue curve, a tenor della resistenza, che troverà nel tubo. La contrazione minorerà, se formasi sotto al foro superiore, nel modo, che si è spiegato entro i tubi cilindrici. Il foro inferiore, da cui ha esito il fluido, è di sezione assai più piccola, che l'area della vena superiormente contratta, che dipende da un foro assai più ampio. La forza, con cui l'acqua passa per le curve, scontrando l'altr'acqua del tubo intoppata dalle angustie del foro estremo, che non può tutta trasfonderla, esercita contro essa la sua azione, e la sollecita al moto, e vi accresce la ritardata velocità. Per tale aumento maggior copia d'acqua trascorrerà dal tubo conico, che dal foro in una lastra, o di un cilindro.

VI. Non è però da credere, che l'acqua entri nel foro superiore del cono, colla stessa velocità in tutte le sue curve, con cui entrerebbe per un foro, o per un tubo cilindrico d'ugual diametro. In questi, più, e meno, troverebbe una chiamata libera proporzionata al foro, in cui entra. In un tubo conico non vi si affaccia, che con una quantità corrispondente alla chiamata del foro inferiore, compresovi l'aumento della velocità, che vi produce. Tant'acqua entravi precisamente, quanta se ne può smaltire. Il numero dunque delle particelle nelle curve accessorie, se è maggiore in un tubo conico, che per un foro, godrà in quello di una minore velocità. Non potrà questa far molto contrar la vena, se formisi sotto al foro superiore, come la fa contrarre per un foro semplice. Ecco un altra disparità dal caso, in cui esce da semplici fori, o da tubi cilindrici.

An-

Ancora che atteso il numero, e la forza risultante dal maggior numero delle curve concorrenti all' orificio interno, dovesse contrarsi ivi rispettivamente la vena dell' acqua, più che ad un semplice foro; dovrebbe poi essa ingrossare al ringorgo dell' acqua, che soffrirà nel sortire da un foro più ristretto, quale si è quello dell' orificio estremo del tubo conico convergente.

VII. La dottrina presente non gioverebbe punto a sostenere, che ne' tubi cilindrici non sia lo scemamento di contrazione, che produca la maggior quantità dell' acqua defluente per essi, che per semplici fori; ma sia piuttosto l' aumento della velocità. Imperciocchè ne' cilindri applicati a fori, non è contemplabile, che l' acqua sola, ch' entra pel superior orificio; uguale in diametro a ciascun altro diametro del cilindro. In questo ottiene un esito più libero, non ritenendosi da sezioni sempre più strette, come in un tubo conico. Accelera anzi, se si può dire, per la caduta, che vi trova, quanto il permette il soffregamento contro le pareti, e le poche riflessioni de' filamenti, che sceser per le curve. In un tubo conico entravi maggior acqua, che non può farsi passaggio per l' orificio inferiore, se non se accelerando la compressa, e ritenuta nel tubo dalle sezioni sempre minori di esso. La disparità per tanto nell' uno, e nell' altro caso, è manifesta, e la presente dottrina non si oppone alle superiori.

VIII. Se il maggior numero delle curve, mi si vorrà dire, accorrenti all' orificio superiore del tubo conico, accrescono il moto, e la celerità all' acqua, in esso rigurgitata dalle angustie dell' orificio infimo, e fan quindi abbondare l' acqua trasfusa da esso, più che da un cilindro; quanto più si farà maggiore il numero delle curve, facendo più largo l' orificio superiore del tubo; tanto più promuovere si dovrebbe il moto nel fluido ristagnato, e raccoglierne un corpo più copioso: dappoichè aumentando la cagione, dee accrescersi l' effetto. Il fatto però, mi si aggiungerà, non corrisponde, anzi vi è contrario. Quanto è più largo l' orificio superiore del tubo conico, tanto minor acqua se ne estrae, come si scorge dagli sperimenti del Poleni. Non par dunque abbastanza verificato, che il maggior numero delle curve, che imboccano il superiore orificio del tubo conico, promova entro esso la velocità, come da noi si assume.

IX. Se i filamenti tutti, che mettonsi in curve nell' ingresso dell' orificio superiore del tubo conico, si trovasser forniti della stessa velocità, e forza, che avrebbero in un numero minore; non potrebbe negarsi, che aumentando il numero de' filamenti, e la somma delle forze, non fosse per

se-

seguirne un effetto maggiore, e proporzionato alla sua cagione. Ma se al multiplicarsi de' filamenti, scemasse in essi il moto, e la forza, e nella ragione appunto, in cui quelli crescon di numero; la forza non sarebbe cresciuta, che in estensione, e nulla in intensità, e niun divario non ne apparirebbe nell' effetto. L'acqua, che per curve dee concorrere al foro superiore, per animar la inferiore, quanto può essere animata; trovasi ben limitata, e quella sola, che agisce, non ha altra gradazione, ed energia, che quella, che le permette, la rispettiva chiamata dell' orificio inferiore, nel complesso di tutta la velocità, che può avervi il fluido. Se estendasi la capacità dell' orificio di sopra, oltre a quella, che richieggasi allo sgorgo pieno della vena, e diasi luogo ad altri filamenti, di concorrervi con quelli, che da se soli sarian bastanti; quando il foro infimo trasfonder non possa maggior acqua di quella che prima tramandava, rallenterassi infallibilmente il moto de' filamenti, che chiamerò necessarj, per dar luogo agli accessorj, onde la somma delle forze di questi, e di quelli agguagli la forza necessaria al pieno sgorgo della vena. Non può dunque aspettarsi sempre un aumento nell' effetto, cioè dell' acqua trasfusa dal tubo, che sia in ragione dell' accrescimento del numero delle curve avventizie. Questa è la prima ragione da contraporsi al preteso accrescimento dell' effetto, dal numero aumentato delle curve all' orificio superiore del tubo conico.

X. Se non ostante la diminuzione del moto nelle curve necessarie, per dar luogo all' affluenza delle accessorie, vogliasi ammettere anche alcun aumento nella somma di tutte le forze, il che non contrasterò, per secondare il mio principio; egli è poi da riflettere, che coll' accrescersi l' orificio superiore, vengono a convergere ancor di più i lati del tubo verso il foro inferiore. Le curve allora, come si spiegerà meglio in altra Lezione, quando è molto ampio il foro superiore, tendono a formarsi all' orificio inferiore; e trovando l' opposizione dei lati fa spiegarsi, come farebbero sopra un foro nel mezzo di un fondo di un vaso, secondano però la direzione di quelli. Quanto però si troverà più ampio l' orificio superiore; l' acqua, ch' esce dall' orificio inferiore, tenderà sulla linea dei lati a contrarre maggiormente la vena al basso del tubo. L' aumento nella somma delle forze interne, prodotto dal numero delle curve accessorie, influirà anche inferiormente, ad accrescer l' energia delle curve, che si acconciano alla direzione dei lati, per contrarre più vigorosamente la vena. Nell' ingorgo dell' acqua avanti il foro estremo, si propagherà in ogni parte. La contrazion della vena impiccolisce il foro

vir-

virtuale, e diminuisce l'acqua, che ne procede. E questa è la cagion vera, per cui ad onta dell'aumento dell'orificio superiore del tubo, e se si vuole eziandio, delle forze espellenti il fluido; venga ciò non ostante scemando la copia dell'acqua tramandata dal tubo, a misura, che gli si allarghi la bocca superiore.

XI. Farommi caso ancora d'una instanza, che aggiugner si volesse contra la data dottrina, perchè niuno scrupolo non rimanga sopra essa a' miei Discepoli, che cerco d'instruire a profondarsi nel soggetto, di che si tratta. Ad ottenere, si dirà, che non ostante l'aumento delle forze interne, ad accrescer la velocità dell'acqua sgorgante, tramandisi minor copia d'acqua dal tubo, in vigor della vena, che per la direzione de' lati convergenti, vien restringendosi; convien dimostrare, che più possa agire a rattener l'acqua dallo sgorgo, la piccola contrazione della vena, di quello che vaglia ad aumentarne la copia, la velocità accresciuta dalla somma delle forze sospingenti delle nuove curve. Se non ostante il restringersi della vena, si trovasse assai sensibilmente fatta più forte la velocità di essa; potrebbe sortirne, se non maggiore, almeno un uguale, o non tanto inferiore quantità di quella, che ricavasi, quando il foro superiore del tubo conico riceve maggior numero di curve, e ammette una somma di forze più scarsa.

XII. La contrazione della vena maggiore, quando il foro superiore del tubo è più largo, è tanto certa, quanto è certissima la maggior convergenza dei lati verso il foro esterno, e la necessità delle curve di conformarsi alla direzione di quelli, nell'atto dell'efflusso. L'efficaccia oltre a ciò della contrazione, in minorare la copia dell'acqua sgorgante, è sicurissima, restringendo il vero orificio del tubo, per tanto spazio, per quanto restringe la vena, sopra la capacità del foro materiale. L'aumento delle forze nell'acqua inchiusa nel tubo, per la giunta delle curve accessorie de' filamenti, che vi concorrono, non è certa d'altrettanto, nè così efficace a promuovere la velocità, e la copia dell'acqua da trasfondersi. Se quanto moto prendono i nuovi filamenti nell'ingresso del tubo, ne perdano altrettanto, come di sopra si è detto, i filamenti necessarj, non potendo il foro trasmettere, che una certa quantità di acqua, giusta l'estensione permessavi dalla vena contratta; non succederà mai un aumento sensibile di forze, così certo, onde avvalorare cotanto la velocità, che prima era nel tubo. Se poi in grazia dell'apertura maggiore dell'orificio interno del tubo, si avesse a sminuire il moto delle curve prime, che animavano lo sgorgo, per altra

ragione interveniente ; molto men certo sarebbe l' aumento delle forze , per la giunta de' filamenti accessorj . Aumentandosi il foro superiore , e crescendo la convergenza de' lati ; il vero foro vien a restringersi per la contrazione infallibile della vena , e quindi minor acqua n' aurà a sortire. Minor moto pertanto si farà nella superiore, che deve somministrarvela, e quell' acqua , che prima baſtava allo sgorgo soprabbonderà . Il moto adunque di quella , anche per ciò verrà scemando , e quindi quello ancora de' filamenti accessorj. Ma dato anche un aumento nella somma delle forze, e nella velocità dell' acqua , che sorte dal foro , sotto una vena più contratta ; non si negherà , che parte pur della forza accresciuta nell' acqua , che presentasi allo sbocco , non s' impieghi giusta la direzione de' lati a contrarre la vena maggiormente. Nell' atto adunque, in cui promoverebbesi dalla somma delle forze la velocità , da esse pur forzerebbesi la vena a vieppiù restringersi . Ecco come l' aumento delle forze non sarebbe sì efficace , a promuovere la maggior copia d' acqua nello sgorgo.

LEZIONE VII.

Quando il tubo conico , aggiunto al foro del fondo d' un vaso , è molto convergente , cioè l' orificio interno è molto più grande dell' esterno , formasi nella vena maggior contrazione , e questa fuori del tubo.

Prima d' altra cosa giudico opportuno , che spieghisi il modo, con cui passa l' acqua del vaso pel tubo conico. A maggior chiarezza facciam prima l' ipotesi, che l' orificio del tubo superiore , la cui metà esprimasi dalla AB (Fig. III.) ; sia tanto ampio , che per esso trovin passaggio tutti i filamenti necessarj a formar le curve al pieno sgorgo per l' orificio inferiore , la metà del quale dinotasi dalla CD . Non vi aurà altra differenza tra un vaso fornito di tubo conico , e tra altro, che a pari altezza d'acqua tenga nel fondo un foro uguale, entro una lastra, se non se, che la parte delle curve entro il tubo in appressandosi allo sbocco , ripiegano sul lato del tubo, che loro toglie di tenersi più al largo , come farebbero passando per una laſtra . Suppongasi , che la distanza perpendicolare FE dal piano CD del foro eſterno, prolungato in E ; sia di tre , o quattro pollici , quale amasi dall' acqua per intraprendere le sue curve. Il filamento GF scenderà retto, come sopra un foro aperto in un fondo , fino in F. Da questo punto , in un vaso comune , lo ſtesso filamento GF pren-

prenderebbe la curva FHD, e una simile gli altri filamenti più interni, che incomincierebbero ad arcuarsi nella FL. Tutte le curve di questi in un tubo conico convergente, rompe-rebbonsi nel lato FD fino ad un certo punto K della FL, dal quale andando verso L, non urterebber più nel lato del tubo, e si comporrebbero, come sopra un foro nel mezzo del fondo di un vaso. Se il lato DB del tubo diverga all' insù di maniera, che tutti i filamenti compresi tra LF, necessarj a produrre un pieno sgorgo, possan concorrere al foro CD, senza romper le loro curve nel lato FD; non vi aurà differenza tra il caso del tubo conico aggiunto, e tra l'altro, ove abbiavi un foro uguale all' esterno del tubo, aperto in lastra sottile in mezzo del fondo, supposta sempre pari altezza d' acqua sui fori uguali.

II Se il lato DB diverga meno all' insù, onde intercetti parte delle curve de' filamenti frapposti tra LF; la differenza si ridurrà alla mancanza di queste curve, e alla direzione FD, che esse prenderanno. L'azione di tali filamenti, che secondano il lato FD, dovrà farsi sentire sulle curve KD, e comprimerle più verso LD. Col perder queste una parte della lor convessità esterna, produrranno una minor contrazione. La vena riuscirà più grossa fuori del tubo, e maggior copia d' acqua tramanderà. In fatti dal tubo, che aveva il foro superiore del diametro di 118 linee, pel quale poteva l'acqua trascorrere pel foro CD, infrangendo meno, che in altri casi, le curve necessarie al pieno sgorgo, nel lato del tubo BD, si è avuta la massima contrazione, e la minor massa d'acqua. La contrazione media si è ottenuta, quando l'orifizio superiore teneva il diametro di linee 60, in cui una parte più lunga delle curve intercettavasi dal lato convergente. La minima contrazione, e la maggior copia d' acqua trascorsa ebbesi dal tubo, che nel foro superiore era del solo diametro di 33 linee, ove la massima parte delle curve esteriori distruggevansi dal lato, e comprimevan meno le interne, rendendone meno abili a promuover la contrazione, eseguir meglio la direzione de' lati.

III Dal tubo conico, che teneva l'orifizio superiore di 33 linee di diametro, la cui metà è AB (Fig. 4) l'acqua sortita deve imitar meglio quella, che ricavasi da un cilindro aggiunto al foro d' un fondo di vaso. I filamenti, che, nella distanza CD di 4 pollici dall' orifizio infimo DE del tubo, possono arcuarsi, per accorrere allo sgorgo, non formano, che una corona GCFI, intorno al cilindro FBED (prendendo la metà pel tutto, essendo FB il solo raggio, non il diametro del cilindro, come AB è il raggio dell' orificio supe-

 rio-

riore del tubo) larga una linea poco più nella parte GC, e linee 3 e mezzo nella parte AF. Questi filamenti potendo discender retti fino in GC, d'onde poi soglion piegarsi per accorrere allo sbocco; solo in GC intraprenderanno, come possono, le loro curve. Ma per la pochezza del loro numero, non potran somministrare tutta l'acqua necessaria allo sgorgo. Nol potrebbe neppure l'altra parte del fluido compresa tra AI di sole due linee e mezza, come si vedrà al numero 4. della Lezione IX. Sarà forza adunque, che concorranvi altri filamenti, circostanti al fóro AB. Questi si disporanno in curve NA, MI, come avanti al foro di un cilindro. La porzione di lato AG, che sostenta i filamenti, che passano per l'apertura AI, opera lo stesso, che opererebbe una giunta di fondo al vaso con una corona AI, ch'essa pure sosterrebbe una giunta di fondo al vaso con una corona AI, ch'essa pure sosterrebbe i filamenti stessi, nulla meno. Solamente la posizione del lato AG, invece del fondo AI, lascia alle curve NA, MI più comodo, d'internarsi entro il tubo, a lungo del cilindro acqueo GIBH. Verran dunque disponendosi, come nella figura V. I filamenti compresi tra AI necessarj a fornir l'acqua a pieno sgorgo s'accosteranno per le curve NK, MO. La parte superiore del foro, che tramanda l'acqua perpendicolarmente all'inferiore, come per un cilindro è la sola IB. La parte KI è una porzione come del fondo, che attorniasse il detto cilindro GIBH. I filamenti ad essa sovrastanti, che per curve accorrerebbero a somministrare l'acqua al cilindro, confluiranno a proveder l'acqua necessaria al tubo conico. Nella circostanza del cilindro aggiunto, le curve NK saran forse più convesse, nel tubo conico lo saran meno, trovando maggior campo tra AGI d'estendersi, e di allungarvisi entro.

L'azione delle curve NA, MO tende a stringere il cilindro acqueo IBHG, che circondano. Non v'ha dubbio, che non giungano a indurvi contrazione, a norma della forza, con cui lo premono. Ma se il tubo non è così corto, che il sito della vena contratta riesca fuor di esso, tal contrazione non vale a determinare la massa dell'acqua sgorgante. Il cilindro acqueo interno, quantunque alquanto contratto, è di diametro maggiore del foro esterno. L'acqua, che ne sorte, deve dipendere da questo, e dalla direzione de' lati, a cui deve l'acqua obbedire. La contrazione adunque, che decide della vera grandezza del foro, e della grossezza vera della vena, dipende dalla convergenza dei lati del tubo, e si fa fuor del tubo.

IV. Sotto l'altezza d'acqua nel vaso di linee 256, e da un

un tubo aggiunto, lungo d'asse linee 92, il cui foro esterno era costantemente del diametro di linee 26, variandosi il diametro del foro interno, ora di 33 linee, ora di 60, e or anche di 118, raccolse il Marchese Poleni, come espone ai numeri 31, 32, 33, in un minuto, le tre quantità seguenti di pollici cubici d'acqua, 24758, 24345, 23587. Queste vanno continuamente scemando, mentre crescono i diametri degli orificj interni, e lo scemamento non saprebbe ripetersi, che dalla maggior contrazione della vena. Misuratesi anche al difuori dell'orificio esterno le vene, si son trovate negli esposti sperimenti di linee 25, 24, 23 e mezza. Crescendo da una parte maggiormente la contrazione per la minor quantità d'acqua, che ricavasi dagli sperimenti, e vedendosi dall'altra formarsi tale aumento di contrazione nella vena fuor del cilindro; la ragione, e la sperienza insieme si accordano a persuadere la maggior contrazione della vena ne' tubi conici, quanto è più grande la convergenza de' lati nel tubo, e il sito della contrazione fuori del tubo.

V. Un effetto necessario della contrazione, nata dalla convergenza de' lati del tubo, deve essere, il formarsi in minor distanza dall'estremo orificio, quanto più i lati convergono, e in maggiore distanza, quanto convergon meno. Due corpi uguali, che da pari altezze cadessero da due opposti piani del tubo conico, sdrucciolando lungo essi, verrebbero all'urto in minor distanza dall'orificio estremo, quanto più i piani convergessero tra loro, e in distanza maggiore, quanto convergessero meno. A concepire la contrazione della vena, or più rimota, or più prossima all'esterno foro del tubo, si può appunto imaginare, che l'acqua scenda dal tubo conico per due piani inclinati, or più, or meno convergenti fra loro. Gli sperimentatori, tolcone il Poleni, non avendo sospettato, che possa esservi differenza, tra il sito della massima contrazione in diversi tubi conici, non ne han prese le debite distanze. La ragione però supplisce abbastanza alla sperienza, se mancasse.

VI. Determinasi facilmente il punto di concorso dei piani convergenti, fuor dell'esterno orificio del tubo conico. Sia AC (Fig. VI.) l'asse del cubico conico DACE, di 92 linee. Sia BE una parallella all'asse, che cominci dall'estremo punto E del raggio CE dell'esterno orificio: sarà essa pure di linee 92. La BA=EC, che esprime il raggio del foro esterno, sara di linee 13. Posto il diametro dell'orificio interno di linee 33, la DB + BA che ne forma il raggio, sarà di linee 16 e mezzo. Essendo la BA di 13; la DB riuscirà di 3 e mezzo. Il punto del concorso de' due lati del tubo conico

sa-

sarà nel punto I, ove la linea del lato DE, prodotta, taglierà la linea dell'asse AC, pur prolungata. Il triangolo DIA verrà tagliato dalla EC parallella al lato DA. I due triangoli adunque DIA, EIC saranno equiangoli. Chiamata la AC = a; la BA = EC = c; la DB = b; la CI = x, sarà b + c : a + x : : c : x. Dunque moltiplicando gli estremi, e i medj, si avrà l'equazione bx + cx = ac + cx, ossia bx = ac, ossia in fine $x = \frac{ac}{b}$. Veggano i miei Discepoli, che fedelmente, mi attengo ai primi elementi della Geometria, e dell'Algebra, di cui sono unicamente instruiti, per renderli capaci delle occorrenti dimostrazioni. La distanza adunque del punto del concorso dei piani, dall'estremo orificio, sarà uguale al prodotto, del raggio dell'orificio esterno, nella lunghezza del tubo, diviso per la parte DB del raggio interno, per cui si dilata maggiormente sul raggio del foro esterno. Il prodotto di 13 in 92 è 1196, che diviso per DB, cioè 3 e mezzo; dà la distanza di CI di linee 342. Nel caso, che il raggio del foro interno AD fosse 30; la DB sarebbe 17, pel qual numero dividendo il 1196, n'esce per quoziente 70, e sei diciassettesime, che darà la distanza CI, di 70 linee crescenti, dal punto del concorso dei lati dal foro esterno. Quando AD fosse di 59 linee, DB sarebbe di 46, per cui diviso 1196; il quoziente 26 linee assegnerebbe la distanza CI.

VII. Il sito della massima contrazione nata dalla convergenza dei lati del tubo conico, non può corrispondere al punto del concorso sì lontano, ne' tubi poco convergenti, dalla estremità del tubo. Sapendosi, o dalla quantità dell'acqua sortita, o dalla misura, l'area della vena contratta, può ritrovarsi il sito, nel qual deve essere la massima contrazione, se è la vera, ne' tre tubi conici usati dal Poleni nel suo sperimento. Nell'orificio interno del diametro di 33 linee, il suo raggio AD (Fig. VI.) era di 165 decime di linea, che tanto vagliono, in decime, le linee 16 e mezzo. Il raggio della vena contratta era di 125 decime, essendone il diametro di linee 25. La distanza AI era di linee 92 + 342, che ne danno 434, e in decime 4340. Per sapere a qual distanza dal punto A corrisponda nel cono acqueo la sezione, che abbia per raggio 125 decime, quale si è quello della vena contratta; riflettasi, che nel triangolo AID, che è la metà della sezione perpendicolare del cono intero, essendo il raggio LM, dell'area della vena contratta, parallello al lato AD, che forma la base del triangolo, farà, che il triangolo MLI sia equiangolo al triangolo AID. Dunque sarà questa analogia AD : AI : : LM alla quarta, cioè alla MI. Sarà però 165 : 4340 : :

4340 : : 125 : $\frac{125 \cdot 4340}{165}$, cioè $3287\frac{145}{165}$, ossia a linee 328, e quasi 8 decime. Come però CI era di linee 342; così M sarà lontano da C, linee 14, meno 8 decime. Ho dovuto far alla lunga tutta l' operazione, per rendermi più intelligibile a' miei Discepoli. Nell' orificio interno del diametro di 60 linee, trovavasi il raggio di esso di 300 decime di linea. Il raggio della vena contratta, di 12, era di 120 decime. La lunghezza dell' asse AI del cono acqueo, era di linee 92 + 70, cioè di 162. Si aurà dunque questa analogia 300 : 162 : : 120 al quarto termine, che risulterà 64, e quattro quinti: e perchè il secondo termine 162 consta di linee, perciò il quarto sarà di linee 64 e 8 decime di linea. Trovandosi in questo caso la distanza CI, di linee 70 circa, e la MI, di 64; il punto M del sito della contrazione sarà distante 6 linee circa, dalla estremità del tubo.

Quando l' orificio interno era di 118 linee, il raggio DA era di 59; il raggio della vena contratta trovossi di linee 11, e decime 7 e mezzo; e la distanza AI di 92 + 26, cioè 118. Mettendo il 59 in mezze particole in grazia del terzo termine, si aurà questa analogia 1180 : 118 : : 235 al quarto termine, che riuscirà di linee 23 e mezzo. Il sito dunque della vena contratta nel terzo sperimento sarebbe distante dal suo punto I, linee 23 e mezza: il che importerebbe la distanza di linee 2 e mezzo dal foro esterno del tubo.

VIII. Ben si comprenderà, che le determinazioni or fatte dipendono dall' ipotesi; che l' acqua uscendo dal tubo conico, segua la direzione delle pareti in modo, che vada a unirsi nel punto I del vertice del cono. Non avvenendo ciò praticamente osservandosi anzi, che sortita l' acqua dal foro esterno, non segue, che per breve tratto la direzione de' lati, e si conforma indi in cilindro, che diverge, piutosto che converga; le dette determinazioni non sembreranno applicabili agli sperimenti del Poleni; che come puramente speculative.

Ma qualunque cosa avvenga alla vena, dopo la sua massima contrazione; basta, che mantengasi nella direzion dei lati fino al sito, ove più si contrae. Se oltre ad esso, per resistenze, che incontri, non può proseguire il suo viaggio, per me è indifferente, quando abbia gia prodotto l' effetto, ch' io n' attendeva, di contrarsi seguendo l' inclinazione de' piani, tra quali è costretta di scorrere. Una forte ragione m' induce a credere, che fino al sito della massima contrazione, esca l' acqua dal tubo, secondando la direzion de' lati. Nel luogo della massima contrazione, rissede la forza mag-

gio-

giore dell' acqua, e la velocità più forte, di cui è affetta nello sbocco. Ciò mi consta dall' acqua, che sorte da' fori, come si è provato nella Lezione XII. del Tomo I. Finchè dunque si mantiene nell' acqua la maggior forza, e velocità, di cui è capace sotto l' esperimento, non deve succedere in essa cangiamento sensibile. Ogni altra forza, e resistenza minore deve cedere. L' acqua si manterrà nella direzione, sotto alla quale possiede appunto la massima forza, e dalla quale in complesso la riceve. Rallentandosi la forza espellente, per qualche concorso di cause, che v' intervengano, di che non son niente sollecito, e prendendo vantaggio in seguito altre forze sopra di quella; già l' intento della contrazione è ottenuto, e se l' acqua più non prosegue nel cammin primo, fino ad unirsi nel vertice del cono, ha durato in esso quanto basta, per l' effetto, che si ricercava. La distanza del sito della massima contrazione dal tubo, è così poca, che non è un assumer troppo, che, per sì poco spazio soltanto, mantenga colla sua forza più viva, ancor la prima direzione. Se qualche diversità potesse avervi luogo, si potrà per la sua piccolezza non curare.

IX. Merita un particolar riflesso, e spiegazione, che l' acqua in sortendo da' tubi conici, venga fuori convergendo, mentre nelle lastre superiormente smussate esce divergendo, come raccogliesi dalla Lezione XVII. del Tomo I. Quantunque a prima vista possa sembrare, che lo stesso effetto sia da attendersi nell'uno, e nell' altro caso, se si vorran ponderare le varie circostanze dello sbocco dell' acqua pe' tubi, e pe' fori fatti internamente conici; si troverà la ragione della differenza. Nel tubo conico le pareti vengon convergendo, per lungo tratto fino all' orlo estremo, e seguentemente. Ne' fori smussati, la convergenza non ha luogo, che per 3 quinte di linea. Dopo esse il foro è cilindrico. Non può qui dunque, come nel tubo, aver agio l' acqua di prender la direzione de' lati convergenti. Nel tubo conico non incontra nulla, che disturbi la direzion prima, presa dall' acqua; deve dunque perseverare in quella. Ne' fori sortendo l' acqua dal cono, è forzata a passare per un cilindro, e a cangiar direzione, e nel cangiarla trovasi in libertà, sboccando nell' aria aperta, ove ha luogo di succedere l' allargamento della vena, come si espone al numero VII. della sopracitata Lezione.

LE

LEZIONE VIII.

Crescendo tanto la grandezza del foro interno, dal tubo aggiunto sopra l' esterno, che lasci luogo alle curve necessarie al pieno sgorgo, di formarsi nel debito numero, avanti al foro esterno; la contrazione si ridurrà a quella, che avverrebbe in un pari foro di una lastra.

I. Quando l' apertura interna del tubo conico è così grande, a confronto dell' esterna, onde i filamenti, che mettonsi in curve in distanza di 4 pollici dal foro esterno, possano affacciarsi allo sgorgo, senza rompersi ai lati del tubo; allora i lati non servon, che come di fondo di un vaso, nel mezzo del quale sia un foro della larghezza, uguale alla distanza tra i lati estremi del tubo. Che questi lati sieno orizzontali, o obbliqui, non rileva punto, purchè non sieno di ostacolo alle curve di disporsi attorno al foro, in tutta l' ampiezza lor conveniente. Le curve non ritrovando intoppo, a formarsi, da niuna parte, contorneranno l' orlo estremo del tubo alla medesima guisa, come a un foro semplice. La contrazione sarà dunque la stessa, che ad un foro d' ugual diametro, entro una lastra, il qual foro si trovasse sotto a tanta altezza d' acqua, quanta quella è, che sovrasta all' orifizio estremo del tubo. La quantità del fluido trasmessa dal semplice foro, e dal tubo sarà la stessa, quando le lastre, che forman l' uno, e l' altro, sieno della grossezza medesima. Se la grossezza della lastra nell' uno avanzasse quella dell' altro, potrebbe diminuire la contrazione, e scaricare più acqua, come nel primo Tomo si è veduto avvenire. La cagione del divario sarebbe nella lastra, non nella difformità delle curve, sopra di quella, che non troverebbero ostacolo, per cui piegar più sopra l' uno, che l' altro foro.

II. Non abbiamo sperienze della quantità di acqua sortita da un semplice foro, e dall' orifizio di tubi conici, così divergenti all' insù, posti ad altezze uguali d' acqua stagnante. Sappiam dal Poleni, che da un foro di 26 linee di diametro, sotto un altezza di linee 256, sortirono, in un minuto, pollici cubici 15877; e da un orifizio di tubo conico di pari diametro inferiormente, e di 118 linee di sopra, che oltre l' altezza dell' acqua del vaso di 256 linee, aveva quella ancora del tubo di 92, sappiam, che in un minuto sortirono pollici cubici 23687. In grazia della sola maggior altezza nel tubo, dovean sortirne, se le contrazioni fossero state uguali,

7977 di più de' 15877, che si ebbero dal semplice foro. Imperciocchè se dalla radice di 256, che è 16, sortiron 15877 pollici cubici; da quella di 361 compreso il tubo, la quale era 19, dovean sortirne 23854, che sono appunto 7977 più di 15877. La differenza adunque, dallo sgorgo dalla semplice lastra, e da quello del tubo, computate le varie altezze dell' acqua stagnante sopra i fori, si riduce a soli pollici 167. Imperocchè, essendone sortiti 23687 dal tubo invece delli 23854, che doveva dare la lastra in pari altezza, ne son sortiti 167 di meno dal tubo. La ragione di ciò è palese. Si è supposta uguale la contrazione della vena, tanto sotto l'altezza 256, quanto sotto la 361. Per ciò, che si è stabilito nel Tomo I., è certo, che la contrazione è maggiore sotto un altezza maggiore. Quindi la vena, essendo più ristretta fuori del tubo, sotto l'altezza 361, che dal foro, sotto quella di 256; da quello dovea sortire minor copia d'acqua, come infatti è sortita. Trovasi dunque vero ancor dalla sperienza, che, quando il labbro superiore del tubo conico è così ampio, che dia luogo alle curve di formarsi entro esso, come avanti ad un semplice foro; la contrazione si ridurrà a quella, che avverrebbe in un foro aperto in una lastra, quando la grossezza delle lastre del tubo, e del foro sieno uguali, e non possan produr difformità nella vena.

III. Dalla esposta dottrina scopresi la ragione manifesta, per cui coll' accrescersi l' apertura superiore del tubo conico, decresca la quantità dell' acqua, che ne sgorga, fino ad un certo termine, oltre al quale non diminuisce di più. Finchè l' acqua, per sortire, ha bisogno dell' ajuto de' lati del tubo, cioè finchè le curve, che si presentano al foro, si schiacciano alle pareti, e seguono una porzione di esse; van formando una contrazione, sempre maggiore, quanto è più grande l' inclinazione de' lati, che si produce dall' allargamento del foro superiore. Quando la loro divergenza all' insù è tale, che non diano più impaccio alle curve, a formarsi attorno al foro, come sopra una lastra, la contrazione non segue di vantaggio. E siccome la maggior contrazione, che facciasi, è quella in un foro in lastra sottile; così la massima diminuzione della quantità dell' acqua pe' tubi conici, è quella, quando le curve son giunte a non essere più incomodate dai lati de' tubi.

IV. Non consente questa dottrina con quella, che esposi dall' Abate Bossut alla pagina 58, numero 395. Di tutti i tubi aggiunti, dice egli, che usar si possono, al fine di procacciarsi la maggior possibile quantità di acqua in dato tempo, il più vantaggioso si è quello, che abbia la forma,

ma, che una vena prende naturalmente, in sortendo da un foro, aperto in lastra sottile. Se ciò è vero, mi si dirà non può sussistere in niun modo, che allora il tubo conico darà la massima diminuzione di fluido, quando permetta alla vena di formarsi al suo foro esterno, come avanti ad una semplice lastra. Sarebbe anzi vero il contrario, che allora appunto somministrerebbe la copia maggiore.

S'io però consulto la ragione, addotta in questo luogo dal chiarissimo Autore, non posso persuadermi in niuna guisa della sua asserzione. Pretende, che la sezione della vena contratta sia il vero orificio, dal che non discordo. Ma pretendendo al tempo stesso, che la dispensa effettiva dell'acqua per questo orificio, sia la maggiore, che possa aversi, non debbo ammetterlo. Imperocchè egli è certo, che se il tubo non avesse la figura della vena contratta, ma fosse cilindrico, di qualche lunghezza, ne sortirebbe sicuramente una quantità maggiore. Non può in fatti negarsi, che la contrazione, ch'egli ammette, non impiccolisca il foro, e in maniera, che non può prendersi per vero foro, da cui sgorghi l'acqua, l'orificio interno, molto più grande, ma debba prendersi l'esterno, che agguagli il diametro della vena contratta. Dunque è manifesto, che se altro tubo potrà ottenere, che il vero foro, o sia il diametro della vena contratta, sia maggiore; ne sortità sempre un maggior corpo d'acqua. Ma un tubo cilindrico, per ciò, che si è dimostrato, ingrandisce il diametro della vena contratta, e trasmette maggior copia d'acqua. Se fosse adunque un tubo cilindrico, sarebbe più capace a tramandare più fluido, che un tubo, che somigli la figura della vena contratta. Anche un tubo conico, che non consenta alle curve di formarsi al foro esterno, come avanti ad un foro in lastra, fornirebbe più acqua, che il foro semplice, come consta dalla Lezione superiore. Posso anzi ritorcere l'argomento contro l'Abate Bossut, e mostrare, che un tubo, che imiti la figura della vena contratta, darà la minor quantità d'acqua. È certo, che l'acqua, che sorte da un foro fatto in semplice lastra, è in minor copia di quella, che dà un tubo cilindrico, o un conico, che abbia l'estremo orificio di ugual diametro, perchè non lascia luogo a formarsi le curve, come avanti a un semplice foro. Ciò consta dalle Lezioni superiori. Dunque un tubo aggiunto ad un foro, che imiti la figura della vena, e che niente alteri co'suoi lati il moto dell'acqua, come vuole l'Abate Bossut; è quel tubo appunto, che darà la minor copia d'acqua.

Che poi la velocità dell'acqua pel foro esterno del suo tubo, che imiti la figura della contrazion della vena, sia do-

vuta all' altezza intera dell' acqua nel conservatorio, com' egli insegna allo stesso numero 395, e non debba poi esser dovuta all' istessa altezza intera in altri tubi, come in altro luogo asserisce, non potrà mai giustificarlo.

V. Se alcuno volesse temere, che la minor copia d' acqua, che sorte dal tubo conico, a misura, che si allarga il tubo superiore, provenga dalle riflessioni de' filamenti acquei, che sostengonsi dalle pareti inclinate del tubo, a misura che formano angol più grande, coll' asse prolungato del tubo; troverà nella Lezione susseguente, che si dà buona ragione dell' effetto, che può prodursi dalla riflessione di quelli.

LEZIONE IX.

L' altezza dell' acqua, che produce il pieno sgorgo ne' tubi conici termina al sito della massima contrazione della vena, cioè sotto al foro esterno, come in semplici fori, se la molta convergenza dei lati dia luogo a filamenti necessarj di formarsi in curve, poco sopra di esso; termina sotto il foro interno, come ne' cilindri, se la minor convergenza dei lati obbliqui i filamenti necessarj, se non tutti, almeno in massima parte, a mettersi in curve poco sopra al foro interno.

I. Nel sito della massima contrazione della vena, trovasi la massima forza, e velocità dell' acqua sgorgante, come si stabilisce nella Lezione XII. del Tomo primo. L' altezza dell' acqua, che produce il pieno sgorgo, termina dove la pressione esercita la massima forza, e genera la massima velocità, come si prova nella Lezione XIII. del Tomo stesso. Dunque l'altezza dell' acqua, che produce il pieno sgorgo, è fino al sito della massima contrazione.

Ne' tubi conici molto convergenti allo ingiù, che dan luogo ai filamenti acquei di formare tutte le curve, necessarie al pieno sgorgo, poco avanti al foro esterno del tubo; si ha la contrazione, come in un foro aperto in semplice lastra, per ciò che detto è al numero primo della Lezione VII. Ma l' altezza dell' acqua agente in una lastra termina sotto al foro, fino al sito della massima contrazione. Dunque l' altezza dell' acqua, che produce il pieno sgorgo ne' tubi conici molto divergenti, termina sotto al foro esterno.

Ne' tubi poco convergenti, ne' quali la massima parte de' filamenti necessarj al pieno sgorgo non può mettersi in curve, che sopra il foro interno, l' altezza dell' acqua agisce, come ne' tubi cilindrici aggiunti ai fori. Ma in questi non agi-

sce,

sce, che fino al sito della massima contrazione, sotto il foro interno. Dunque ne' tubi poco convergenti, che imitano più tosto i cilindri; l'altezza agente dell'acqua giugne fino al sito della massima contrazione del foro interno.

II. Se l'acqua sortita da diversi tubi conici, de' quali ha fatto uso il Marchese Poleni, fosse stata soggetta all'istessa contrazione, in ciascuno de' tre sperimenti; e se il maggior numero delle curve, accorrenti più ad un foro, che ad altro, non accrescesse la velocità dell'acqua, come mostrasi al numero II. della Lezione VI., potrebbesi cercare, se siavi, o la proporzione tra le quantità di fluido trasmesse, colle radici delle altezze, o colla composta delle radici, e delle aree delle vene contratte. Ma oltre a che cresce la contrazione della vena ne' tubi più convergenti, onde non ha luogo la prova della proporzione semplice, tra le quantità sortite, e le radici delle altezze; e ancora che le contrazioni fossero uguali; le velocità però crescono in grazia de' maggiori filamenti, che s' introducono nel foro superiore, più di quello, che porti la forza di pressione, proveniente dall'altezza dell'acqua stagnante: quindi non può neppure aver luogo la seconda proporzione tra le quantità d'acqua sortite, e la composta, delle radici delle altezze, e delle aree della vena contratta.

III. Per un foro in una lastra sottile, che fosse posto all'altezza d'acqua stagnante in un vaso, alla quale trovasi il foro esterno del tubo conico, largo superiormente 118 linee; sortirebbero, in un minuto, pollici cubici 18401: imperocchè, se da un foro di 26 linee di diametro in lastra, sotto un altezza, la cui radice era 16, e 5 dodicesime, sortiron pollic 15877; da un altezza pari a quella, a cui sommergesi l'orificio esterno del tubo, la cui radice è 19, e una trentottesima, ritenuta la stessa contrazione, se ne sarebbe tratti appunto 18401. Calcolando la contrazione maggiore, sotto una maggiore altezza, dovean aversene di meno. Contuttociò assumendo anche i 18401, e trovandone tramandati dal tubo conico, 23687, si deduce, che dal tubo ne sono usciti 5286 di più di quelli, che aurebbe dati un foro, e ciò in grazia del maggior numero delle curve, accorrenti al tubo, che hanno accresciuta la velocità, sopra quello, che dovevasi alla semplice altezza. Nell'esperimento del tubo conico, largo superiormente 33 linee, ne sono sortiti più che da un semplice foro, pollici cubici 8881, e nell'altro dell'apertura superiore, di 60 linee di diametro, ne sortiron di più 8468.

IV. A giustificare in qualche modo la maggior quantità dell'acqua, che il maggior numero delle curve, accorrenti al tubo, promuove nello sgorgo; riflettasi, che l'apertura, supe-

periore del tubo di 33 linee di diametro, paragonata coll' area della vena contratta, dà una corona di differenza, che non manca di molto ad agguagliare l'area della vena. L'area d'una corona si ha dalla multiplica della sua larghezza, nella circonferenza media aritmetica tra le due, che la racchiudono. La sua larghezza è di linee 4, e una decima. La circonferenza di un foro di 33 linee di diametro è di linee $103\frac{653}{1000}$. La circonferenza dell' area della vena fuori del tubo, è di $75\frac{678}{1000}$, e la media tra le due, di $78\frac{672}{1000}$, che multiplicata per $4\frac{1}{10}$, costituisce l'area della corona di linee quadrate 323. Sottratte queste dalle 475, che compongon l'area della vena contratta, vi ha un residuo di 162 linee quadrate, che mancano nell'area della corona, ad agguagliar l'area della vena. Nello sperimento, che porta il tubo largo al di sopra linee 118, la circonferenza superiore è di linee $370\frac{618}{1000}$ quella della vena, contratta è di linee $71\frac{241}{1000}$; la media di 221. La larghezza della corona è di linee 41 e mezza, che multiplicata per 221, rende l'area della corona di linee quadrate 10597. Trovandosi l'area della vena, di linee quadrate 410; questa è superata, quasi 25 volte dall' area della corona. Quindi appare, che il foro interno nel primo caso è quasi doppio dell' esterno del tubo, e che però invita molte più curve, che non un semplice foro, e che nel secondo caso, l'esperimento si appressa molto a quello d'un foro aperto in lastra sottile in mezzo al fondo, salva la differenza delle curve, che appiananse, per l'opposizione de' lati in sortendo dal foro.

V. Se non che, la capacità del foro del tubo, da cui più immediatamente dipende l'acqua, che contrae la vena, trovasi sulla larghezza del tubo conico, nella distanza di tre, o quattro pollici, ove incominciaan le curve, per la contrazione. A determinare la corona d'acqua, che vi ha intorno al cilindro, rispondente all' area della vena contratta, conducansi (Fig. VII., che esprime lo spaccato del tubo) le due linee parallelle AB, DC, che mostrino due lati del cilindro, che si forma dal foro esterno BC, largo 26 linee. La EG dinota il diametro del foro superiore, su cui cadon perpendicolari i due lati BA, CD del cilindro immaginato ABCD. La IG è il raggio del foro superiore. Se il diametro EG sia di linee 118; il raggio IG sarà di linee 59. E come AD parallela,

lella, ed uguale alla BC, è di linee 26; così ID sarà di linee 13, e la DG sarà di linee 59 — 13 = 46. L'altezza del tubo conico DC è di 92'. Presa in H la distanza HC, di 4 pollici, o sia di linee 48, e condotta HL parallella alla DG; si aura tagliato il triangolo DCG con una parallella al lato DG; e però sarà CD : DG : : CH : HL, ossia 92 : 46 : : 48 : HL = 24. Essendo NM pur di 24 linee, ed MH di 26, tutto il diametro NL sarà di 74 linee nel luogo, ove incominceran le curve a formarsi. La circonferenza del circolo d'un tal diametro, posta la ragione del diametro alla circonferenza di 1000 : 3141, sarà di linee $233\frac{314}{1000}$. La circonferenza della vena contratta, esternamente, è di $75\frac{384}{1000}$. La media circonferenza aritmetica tra queste due, che è la media della corona HL, è di $154\frac{159}{1000}$. La larghezza della corona, che circonda l'area, non già del foro BC, ma della vena contratta, è di $25\frac{1}{4}$. Perchè, essendo il diametro della vena contratta sole linee $23\frac{1}{2}$; la metà necessariamente sarà $11\frac{3}{4}$, che sottratta da 37, metà della NL, lascia per larghezza della corona $25\frac{1}{4}$. Per questa multiplicata la circonferenza media; si ha l'area della corona, in linee quadrate 3897. L'area della vena contratta è $452\frac{304}{1000}$. Dunque l'area della corona HL è più di 8 volte eccedente l'area della vena contratta. Non potrà negarsi però, che i filamenti acquei, ch' abbian per base la corona HL, non sieno più che bastanti a somministrar l'acqua necessaria allo sgorgo. Se la larghezza EG sia di linee 60; la IG sarà di 30, e la DG = IG — DI sarà 30 — 13 = 17 linee. Quindi sarà 92 : 17 : : 48 : HL = 10 linee poco meno, e di diametro NL sarà 10 + 26 + 10, cioè 46, e il raggio 23. La circonferenza del circolo è $144\frac{486}{1000}$; la circonferenza della vena contratta, che è di diametro 24, è di $75\frac{384}{1000}$; la media circonferenza è di quasi 105; la larghezza dell' area HL è 23 — 12 cioè 11, per la quale multiplicata la circonferenza media, sarà l'area della corona, di 1155. L' area della vena contratta, trovandosi di 358 circa; è contenuta più di 3 volte nell' area della corona.

VI. Con tutto che l'area della corona, che somministra l' ac-

l' acqua allo sgorgo, entro il tubo, in distanza di 4 pollici dal foro esterno, sia maggiore quanto basta in questi due casi all' esigenza dello sgorgo, e la larghezza della corona nel primo de' due casi ora esposti, sia di 25 linee e un quarto, tutto all' intorno del cilindro, e di 15 linee nel secondo caso; non son molti però i filamenti acquei, disposti in queste linee, che possano accostarsi al foro, senza rompersi ai lati. Nell' atto però che, scendendo retti fino alla HL, posson fornire l' acqua necessaria all' efflusso pieno, i soli più vicini al punto H tra HL, e al punto M tra MN, potran seguire le lor curve, senza romperle ai lati LC, NB. Quanto più da H si avvicinano ad L, o da M ad N, si romperan le curve, in sempre maggior lunghezza di lato, e saranno astrette a seguire la direzione, e a contrar la vena sul piano d' essi.

VII. Nell' atto in cui i filamenti, che rispondono ai lati, e vi si sostentano, mettonsi sulle curve, o entro al tubo, o sopra esso, non lascian di gravitare sopra i punti dei lati, che loro son direttamente sottoposti. Toltane quella parte di gravità, che impiegasi nel moto; il rimanente preme sui lati, come farebbesi in istato di quiete, sostentandone i lati il peso. Quantunque la pressione de' filamenti riesca obbliqua sui lati; nimna parte non se ne scompartisce contro al vero foro, che è nel sito della massima contrazione della vena. Se invece del foro, vi avesse un fondo; questo, che pur sarebbe più alto del vero foro, non verria caricato, che dal puro peso del cilindro acqueo soprastante, come provasi in idrostatica riguardo al fondo de' vasi divergenti. Il tubo conico, che io chiamo convergente verso il foro esterno, è un vero vaso divergente verso il foro interiore. Ancora che l'acqua abbia moto pel tubo, gli angoli d' incidenza, che fan premendo sul lato i filamenti da esso sostenuti, mantengonsi gli stessi, che nella quiete del fluido, e gli angoli di riflessione debbono restar uguali a quelli. La ripressione dei lati si comunica a quelle particelle, che trovansi sulla sua linea. Se tale ripressione giovasse ad accrescer velocità nel fluido, che esce; dovrebbe sortire maggior copia d' acqua dal tubo, che ha il diametro dell' orificio superiore di 60 linee, di quella, che si ottiene dal tubo, che lo ha di 33. Il diametro maggiore dell' orificio interno importa una lunghezza maggiore nel lato del tubo, quando si ritiene la lunghezza dell' asse di esso. Il maggior numero de' filamenti, che vi appoggia, produce una maggior copia di riflessioni. Se concorresser queste, ad accrescer la velocità nell' area della vena contratta, che è il vero foro; maggior copia d' acqua tramanderebbero i tubi co-

conici, quanto più civergono allo insù: il che è contrario alla sperienza.

VIII. Se anche le riflessioni de' medesimi filamenti concorressero, ad aumentar la contrazione della vena; questa si contrarrebbe di più, quanto meno convergessero al basso i lati del tubo. Imperocchè la reazione de' punti del lato premuti, facendosi per angoli di riflessione uguali a quelli d' incidenza, cospira più colla sortita dell' acqua, e colla direzione de' lati, e porta più presso al sito della vena contratta, quanto il tubo converge meno all' ingiù. La dove, quanto più converge, la reazione tende più sopra al foro, a premere il cilindro, che discende pel tubo, e più si allontana dalla linea dei lati. Constando dalla sperienza, che la vena si contrae, quanto più convergono i lati verso il foro esterno, non può dunque ripetersi la contrazione dalle reazioni de' filamenti, che si sostentan dal tubo, e però solo apparterà alla maggiore curvità di quelli, che si accostano allo sgorgo, che, urtando poi in maggior tratto de' lati, s' accomodan alla direzione di quelli, e stringon di necessità la vena.

IX. Non vorrei, che alcuno soffisticando immaginasse, potersi dalla reazione de' filamenti, accrescer la velocità nel fluido, che sorte, e ciò nella ragione, in cui allargandosi l' orificio superiore, allungasi il lato del tubo. Pur ciò nulla di meno, in grazia della contrazione, che portano i lati flessi del tubo, menomar poi la quantità dell'acqua sgorgata. A voler ciò provare, potrebbesi soggiungere raffinando, se l'allargamento dell' orificio superiore del tubo portasse una tal convergenza di lati, e quindi una contrazion nella vena, il cui effetto maggior fosse di quello, che operassero i nuovi filamenti, che vengonsi ad accrescere nello spazio, riguardo ad essi aumentatosi sul lato del tubo, come a sostenerli, e quindi l' effetto della contrazione, superasse al confronto l' effetto della velocità, che aumentasse dalla giunta delle nuove ripressioni; potrebbe dirsi, che la velocità nel fluido, che esce, venisse invigorita dalle reazioni de' filamenti sostenuti dai lati, e ciò non ostante, in forza dalla maggior contrazione, sortisse minor corpo d' acqua pe' tubi, che crescon nel diametro dell' orificio superiore. La lunghezza, si potrebbe aggiungere, acquistata dal tubo, per l' allargamento dell' orificio interno, poca è, riguardo all' aumento di contrazione, che da essa ne proviene. Infatti quando il raggio dell'orificio superiore era di linee 16 e mezzo; il quadrato del lato convergente del tubo, che è uguale al quadrato de' suoi due cateti, era di 8475 e un quarto; e quando il raggio dell' ori-

 ficio

fi io superiore era di 30 linee, era di 8733 e un quarto. Estraendo la radice da questi quadrati, apparirà, che la lunghezza del lato convergente del tubo non è cresciuta di due linee, mentre il sito della concorrenza dei lati, al vertice del cubo, si è appressato al foro esterno del tubo, per linee 272, come appare anche dal numero IX. della nostra Lezione VII. Dunque può la velocità accrescersi dalle reazioni.

X. Ad una siffatta difficoltà, io opporrò, che non sarà mai possibile, che la reazione delle particelle acquee, che appoggiansi ai lati, accresca velocità all' acqua del cilindro, imminente al foro, che sgorga attualmente, quando tal reazione non aumenti neppur la pressione sul fondo, che vi si collocasse, otturando il foro esterno, come è certissimo in Idrostatica. Dunque non vi sarà, nè pure aumento alcuno di velocità. Se i filamenti del cilindro acqueo, esistente sopra il foro, mentre discendono, non ripremono di fianco ugualmente nello stato di moto, come nella quiete, e non premon nulla affatto i lati, neppur di un tubo orizzontale, entro cui corrono, come si vedrà poi in altra Lezione; lo stesso, a più ragione, avverrà ai filamenti, sostenuti da un lato obbliquo, quando saran essi pure in moto. Rotta l' unione, che sussisteva tra le particelle acquee, nella quiete del fluido; è rotta la mutua pressione tra esse, che nasceva dal mutuo contratto, e dalla mutua ripressione diffondevasi verso ogni parte. Quindi incominciando il cilindro acqueo imminente al foro a muoversi, supponendo, che avesse un fondo, che il sostenesse, e che questo fondo, gli sia levato sotto, in un momento; cesserà detto cilindro, nel principio del suo moto, a reagire contro la pressione delle particelle, che sostenevansi dai lati; ma nello stesso tempo cesserà l' azione di dette particelle contro il cilindro, e non potranno accrescergli la velocità.

XI. Ma veggiamo, quali esser possano precisamente que' filamenti ripressi dai lati del tubo, che vorrebbonsi, che accrescesser la velocità nel cilindro scorrevole. Se parlisi di quelli, sostenuti dalla parte del lato DF (Fig. VI.) distanti più di tre, o quattro pollici dal foro esterno EC, e superiori al sito, d' onde han principio le curve; son questi troppo rimoti dal foro, per farvi sentire la loro reazione, se ne avessero. Oltre a ciò, prima di agire nell' acqua del cilindro, imminente alla sezione della vena contratta, per accelerarla; lottar dovrebbero contro i filamenti, che vestono il cilindro BACK, corrispondente a detta sezione, assai veloci, che ne dovrebbero colla lor velocità elider la forza della loro azione, onde non si estendesse a' filamenti del cilindro di mez-

zo, che sovrasta al vero foro, impiccolito dalla contrazione. La sola reazione de' filamenti, che cadon sui lati sotto al sito, ove cominciano a formarsi le curve, potrebbe essere a portata di accrescer la velocità nella parte del cilindro, che è in vicinanza del foro. Ma subito che si muovono, per accorrere anch' essi al foro, cessando in essi ogni reazione, che esercitavano, ftandosi in quiete, non agiscon, che per la sola loro gravità, e all' ingiù, come fan tutti i gravi, secondo però la direzione, che ricevon dai lati del tubo, che li porta a contrar la vena, opponendosi alla direzione de' filamenti perpendicolari, che scendono al foro, e indebolendo la forza di lor caduta, che attraversano, e quindi rallentando la velocità, invece di accrescerla. Poco poi importa, che per due linee sole cresca la lunghezza del lato, per aumento di linee 13 e mezzo nel raggio del foro interno, mentre il punto, ove anderebbero a tagliarsi i lati, prolungati del tubo, cioè il punto I, riuscisse men diftante dal diametro DA del foro interno, anche le 272 linee assegnate nell' objezione fattaci. Primieramente due linee di lunghezza maggiore, sopra una circonferenza di almeno 188 linee, dà un area di 376 linee quadrate, o poco meno. Queſto è ben più, che le 272 linee in lunghezza, se facciasi forza sulla somma dei numeri. Se la ripressione de' filamenti accrescesse velocità; non son sì pochi quelli, che corrisponderebbero ad un area di 376 linee quadrate, che non avesero a produrre un aumento sensibile nella quantità dell' acqua sortita. La contrazione in secondo luogo della vena, che corrisponde alla convergenza maggiore de' tubi all' ingiù, non segue in niun modo la ragione, dell' avvicinamento del punto d' intersecazione de' lati del tubo, al foro efterno di esso. Mentre il punto d' unione de' lati, per aumento di 17 linee nel raggio del foro interno si è avvicinato 272 linee al foro efterno del tubo; l' area della vena contratta non vi si è fatta più prossima, che di 7 linee poco più, come risulta dal numero IX. della Lezione VII., e il diametro della vena non si è diminuito, che di una linea.

XII. Il solo maggior numero delle curve, che accorrono ad un tubo conico, più che ad un semplice foro, o ad un cilindro, è quello, che aumenta la velocità nell' acqua scorrente, onde dal tubo conico maggior copia ne discende, che da un foro, o da un cilindro. Ma la contrazione maggiore, che formasi in un conico, per la convergenza dei lati, quanto più cresce l' orificio interno, è poi la cagione, che dal conico vada scemando la copia dell' acqua; finchè sia tale l' apertura superiore del tubo, che agguagli il caso d' un foro

aperto in una lastra sul fondo del vaso. Allora non concorre al foro esterno del tubo maggior numero di curve, che ad un semplice foro, e non si fa maggior accelerazione nell'uno, che nell' altro, quando l' altezza del fluido soprastante sia uguale sopra ambedue. L' aumento ancora di velocità pel numero maggiore delle curve, che passano al foro interno, deve avere i suoi limiti. L' accrescimento del foro interno equivale bensì ad un foro più grande, ma regolato dalla dispensa del foro esterno. Tutti que' filamenti, che agir possono a promuovere uno sgorgo più veloce nel fondo inferiore, saran quelle curve da considerarsi nel foro superiore, come aumentatrici della massa dell' acqua. Quegli altri laterali ai già detti, che non possono giovare allo sgorgo, non van considerati. O essi non si muovono per curve, o col loro numero non fan che indebolire il moto degli altri più vicini all' efflusso. Imperciocchè, come non possono introdursi nel foro interno più particelle, di quel, che trasmettonsi dall' esterno, quanto è maggiore il numero delle superiori concorrenti, e necessarie; tanto sarà minore il loro moto. Ciò vuol dire, come altrove si è già avvertito, che il concorso maggiore delle curve del foro interno del tubo conico, ha il limite dall' esigenza dell' acqua nel foro esterno; e che non può pretendersi, che quanto più cresce il diametro del foro interno, cresca altresì l' aumento di velocità, come cresce la contrazione. Finchè il numero delle curve al foro interno può giovare ad accrescer la velocità all'esterno, giova la loro multiplicità. Quando non può aumentarla di vantaggio; è superfluo; e se il foro superiore può ammetterle, ralentan la velocità dell' altre curve, se l' acqua, che sorte dal tubo, dee proporzionarsi a quella, che entra.

LEZIONE X.

Da tubi stessi esce un poco più d' acqua, rispettivamente, sotto piccole altezze d' acqua stagnante nel vaso, che sotto le grandi, quando i tubi son corti. Succede al contrario, se sieno lunghi.

I. Sotto le minori altezze, si è già veduto formarsi minor contrazione ne' fori, che sotto le più grandi. La forza dell' acqua, per le curve accorrenti allo sgorgo, trovandosi più debole, sotto una minor pressione; non può rinserrar tanto la vena, e contrarla, siccome sotto una forza, o sia maggior pressione. La vena riesce per ciò più grossa, in piccole al-

altezze, e tramanda maggior acqua. La cortezza del tubo non può impedire, o pur sol di pochissimo, la contrazione. e quindi lo stesso vi dee avvenire. Allungandosi il tubo, crescon in esso le riflessioni delle curve, i soffregamenti, e l'attrazione, se ve n'ha, delle pareti del tubo. Tutto ciò dee ritardare il moto dell'acqua pel tubo, e tanto più, quanto esso è lungo. Il ringorgo, nato nel tubo da queste resistenze, nelle quali le reazioni agguagliansi alle azioni, si fa sentire allo insù, fino al luogo della vena contratta, e impedisce alle curve il serrarsi insieme, come farebbero, se non incontrassero intoppo. La contrazione divien minore, e la vena ingrossa, a proporzione, e tramanda maggior acqua. Un tale ingorgo deve avvenire nello stesso tubo, tanto in piccole altezze di fluido stagnante, quanto nelle maggiori. L'intoppo dell'acqua scorrente pel tubo, che nasce dall'attrazione delle pareti, e quello del soffregamento, saranno assolutamente uguali nel tubo, tanto nel caso della maggiore altezza nel vaso, quanto della minore. L'intoppo delle riflessioni, e delle reazioni, sarà proporzionato alle forze dell'acqua, che il produce, e però rispettivamente uguale nell'uno, e nell'altro caso. La difficoltà di superare le resistenze assolute, è dunque maggiore, sotto la minore altezza, che sotto la maggiore, perchè minore si è la forza dell'acqua. Quindi il moto, non ostante anche la maggior contrazione, sarà minore. Avendosi dall'altra parte, sotto maggiore altezza, impedimento di contrazione dal ringorgo, ma forza maggiore nell'acqua, e ad impedire un maggior dilatamento della vena, e a superare le resistenze, nate dal soffregamento, e dall'attrazione, e un numero minore di riflessioni ne' lati, per la maggior velocità delle particelle in essi; per tutte insieme queste cose, minor acqua sortirà da' tubi lunghi, sotto le minori altezze, e più abbondante, a proporzione, sotto le maggiori.

II. Il fatto non dissente dalla massima stabilita. Da un tubo di 2 pollici di lunghezza, e di 12 linee di diametro, sotto un altezza di 4 piedi, sortirono pollici cubici 7070; e sotto l'altezza di 9 piedi, dallo stesso tubo, se n'ebbero 10579, come dalla Tabella dell'Abate Bossut; posta al fine del numero 415. Proporzionando l'acqua sgorgata, colle radici delle altezze, sarà 2 : 7070 : : 3 : 10579, e i prodotti degli estremi, e de' medj saranno 21210, 21158. E qui è maggiore il prodotto, ove entra la quantità sortita dalla minore altezza: e quindi appare, che sgorgi più acqua da' tubi corti, sotto le minori altezze di fluido stagnante, che sotto le maggiori.

Da

Da altro tubo più lungo, cioè fino alle linee 92, sotto un altezza, la cui radice era 16, e 5 dodicesime; sortirono, in un minuto, pollici cubici 23434: e sotto un altezza, la cui radice era 11, e 10 undicesime, uscirono pollici cubici 16599. Stabilendo la proporzione $16\frac{5}{12} : 23434 :: 11\frac{10}{11} : 16599$, si hanno i prodotti 271499, 279078. Di questi si è maggiore quello, in cui entra la quantità trasmessa dall'altezza maggiore. Dunque in tubi più lunghi; sotto diverse altezze, verificasi al contrario, che ne' tubi corti. Un poco più d'acqua esce rispettivamente, sotto le maggiori, che sotto le minori altezze.

III. Finchè i tubi aggiunti non han la lunghezza di alterar la contrazione, che si farebbe in un semplice foro, agiscono, come i fori. Sotto minori altezze, tramandano rispettivamente più acqua, che sotto maggiori, perchè la lor vena contraesi meno, per la minor forza di pressione, e di rinserramento, che tengon per le curve, nel presentarsi al foro. Crescendo la lunghezza del tubo, in modo, che si alteri d'alquanto la contrazione; l'alteramento non può farsi, sotto la stessa altezza di fluido nel vaso, che coll'allargarsi la vena, per le difficoltà, che oppongonsi allo sgorgo dell'acqua: e allora, tanto più d'acqua tramandano sotto piccole altezze, che sotto più grandi, rispettivamente, quanto si è ingrossata la vena, dal cui diametro dipende il vero diametro del tubo. Ciò è coerente a tutto, che si è detto finora della vena contratta entro i tubi, che formasi sotto al foro superiore.

All'aumentarsi dell'altezza dell'acqua nel vaso, e all'accrescersi della lunghezza ne' tubi aggiunti; due opposti fenomeni si producono. La vena si contrae di più, per la maggior forza delle particelle per le curve a rinserrarsi, nata dalla maggior altezza del fluido, e finchè dura all'ingresso del tubo un tal rinserramento; esce minor acqua rispettivamente sotto le maggiori altezze. Ma la vena stessa al momento di risentire l'effetto delle resistenze del tubo, per le quali non può più l'acqua scorrervi con quella libertà, come correva per un tubo più corto, o senza tubo, viene di necessità a gonfiarsi alquanto. Da una parte si rinserra adunque, dall'altra è astretta a dilatarsi. Solo è a sapere, se valga più a rinserrar la vena, la maggior forza superiore delle curve, per l'aumentata altezza del fluido stagnante nel vaso, o se più vaglia, a dilatarla, l'inferior obice delle resistenze, per l'accresciuta lunghezza del tubo. Ponendo all'esame l'efficaccia delle due contrarie cagioni, di rinserramento, e di dilatazio-

ne;

ne; si può facilmente distinguere, qual d' esse debba prevalere. In poca altezza d' acqua, e in molta lunghezza di tubo rispettiva, potran più le moltiplici forze combinate di resistenza nel tubo, che la minor forza del fluido superiore. Il contrario avverrà, nella maggioranza della forza dell' acqua premente, sopra la resistenza, che incontra tra le pareti del tubo. Se prevalga l' energia delle resistenze, o potrà col semplice ringorgo impedire alla vena il contraersi, alla solita distanza dal foro, e nella consueta sezione, e venendosi a restringere in un punto superiore, e in una sezione più larga, farà divenire più ampio il foro virtuale, e si estrarrà maggior copia d' acqua. Se oltre al semplice ringorgo nel luogo della contrazione della vena, che propagasi all' insù, nel tubo di non tanta lunghezza, potranno le resistenze, in una lunghezza di tubo assai maggiore, rallentare sensibilmente il corso dell' acqua, lungo le pareti; verranno in tal caso a restringere il diametro del tubo, e il vero orificio di esso. Un minor numero di curve si affaccieranno allo sgorgo, e ne sortirà tanto minor acqua, quanto dalle resistenze sarà ristretto il foro. Ne' tubi, de' quali parliamo presentemente, la lunghezza non estendesi, che a pochi pollici. La somma in essi delle resistenze non può, che ingrossar la vena, e quindi da tubi, fino a un certo segno più lunghi, si aurà più ricco scarico d' acqua, nella maggiori altezze rispettivamente, che nelle minori.

IV. Discende da ciò per illazione legitima, che a riscontrare la vera ragione, che passa tra l' acqua sortita da' tubi, e le altezze del fluido stagnante sopra essi, o tra l' aree de' fori; mal si farebbe paragonando i pollici cubici ottenuti da un tubo breve con quelli, che avesse somministrati un più lungo, se non si tenesse conto della minor contrazione, che le resistenze portano pel più lungo. Per mancanza di sperimenti, si è talvolta obbligati a questo cattivo confronto. Basta però di star avvertiti della maggior copia d' acqua, che da il tubo più lungo, per l' estraneo ingrossamento della vena, e non lasciarsi imporre da tutta la massa d' acqua sortita.

V. Alcuni poco pratici, e molto presuntuosi, sonosi ingannati a lor danno nell' eleggere le lastre di marmo, entro le quali aprire, sulle sponde de' canali d' irrigazione, le luci delle lor bocche. Siccome la legge, incautamente, non prescrive la grossezza delle lastre di marmo, in cui formare le luci, che dian l' acqua proporzionata alla competenza di ciascuno; parecchj han giudicato, che usando d' una lastra sottile, e trovando l' acqua, per la luce di essa, una tenue gros-

grossezza, vi scontrasse altresì minor resistenza di sfregamento, per cui ne risentisse meno la velocità, e se ne avesse maggior copia d' acqua, che da una luce scavata in lastra più grossa. Non sapevano, e non giugneran mai forse ad intenderlo, che quanto è più sottile la lastra dà sempre luogo a maggior contrazione di vena, e che la vera larghezza della bocca, non si ha gia nella lastra, ma fuor d' essa, nel sito della massima contrazione. Tutto ciò dunque, che vale a promuovere la contrazione della vena, non conduce, a restringere la vera luce della bocca. Ciò, che può sminuire al contrario la contrazione, vale ad ingrandir la vera luce, e ad aumentare l' estrazione dell' acqua dal canale. Le lastre più grosse giovano, come di tubo più lungo: ingrossano però la vena, come l' ingrossano i fori, per ciò, che è detto nel Tomo I., aperti in lastre più grosse. Invece dunque di estrarre, a profitto delle loro irrigazioni, maggior copia d' acqua del canale, ne traggon molto di meno colle lastre sottili.

LEZIONE XI.

Dei tubi applicati entro il vaso, colla loro estremità sul fondo.

I. Le prove tentatesi coi tubi applicati fuor del vaso, col loro principio, al principio superiore del foro, ch' era nel fondo del vaso, onde rimanessero fuor del vaso; si son pur tentate, coi tubi posti entro il vaso, e incastrati nel foro colla loro estremità. Riuscivan questi dunque sopra al fondo del vaso, e sopra essi facevasi crescer l' acqua all' altezza, che più piaceva. Dopo avere sperimentati questi nella figura cilindrica lor naturale, per corrispondere al foro, si è aggiunta al loro orificio una competente corona circolare di latta, o altro metallo, che nel suo centro teneva il centro del foro del cilindro; e lasciava tutto il foro in libertà, sporgendo in fuori tutto attorno al cilindro, e si è osservata l'acqua, che sortiva, prima, senza la corona circolare, e poi con essa. Si è anche smussato l' orlo superiore del cilindro, e vi si è anche aggiunto un imbuto convergente, che terminava al foro del tubo, esaminando qui pure la quantità dell' acqua sortitane, e facendone paragone coll' altra, e traendone le convenienti deduzioni. Il soggetto di questa Lezione sarà di addurre gli sperimenti, che si hanno da valenti sperimentatori, in queste diverse conformazioni de' tubi, e di mostrare, che

che si osservano esattamente le Teorie da noi stabilite, negli altri tubi applicati ai vasi.

II. Il Cavalier Borda inserì entro un vaso, anzi nel foro, che avava nel fondo il vaso, un tubetto lungo 6 pollici, e largo, nel diametro, linee 14, e una decima, e chiuso il foro superiore di esso, v' infuse acqua, che stava, sopra il tubetto, all' altezza di pollici 12, meno una linea. Levato il turacciolo al foro superiore del tubetto; dice, che non sortì, che la metà dell' acqua, che dovea corrispondere all' area della luce del foro, multiplicata per la radica dell' altezza. Ma su questo sperimento non possiam punto fondarci. Primamente, non rimaneva l' acqua nel vaso alla stessa invariata altezza, non surrogandosene di nuova alla sgorgante, onde l' altezza menomava di continuo. Secondamente si è conteggiata solo l' altezza, fino al labbro del foro, non fino al luogo della contraziona, e forse si è fatta questa, uguale all' area del foro nella lastra. Terzamente affermandosi, che assai lentamente si levava con un bastone la lastra, che chiudeva l' orificio del tubo, per non metter un moto straniero nell' acqua; è forza inferire, che nell' alzare la lastra, essa sosteneva una parte della gravità dell' acqua, mentre attualmente scorreva pel foro: la onde non agiva l' acqua, con tutta la gravità, debita all' altezza. Quartamente non si è avuto niun riguardo a' vortici, che sopra il foro doveano formarsi, nell' avvicinarsi la superficie decrescente dell' acqua, al foro, come altrove si è gia veduto. Abbiam bisogno di esperimenti, che non ammettano eccezioni. Riterremo in quella vece per norma di qualche confronto, che accada da farsi, l' esperimento del Bossut parte 2, cap. 4, pag. 376. Avendo egli apposto un cilindro di rame, lungo, e largo 2 pollici, al di sotto di un foro di un ugual diametro, e lasciatavi correr l' acqua sotto l' altezza, dal fondo del vaso, di piedi 11, pollici 9, men due linee; ed altra volta avendovi applicato un tubo, lungo un pollice, e largo la metà; in niuno di questi casi la contrazion della vena non soffrì niun cangiamento, e tanto pei fori, quanto pei tubi, esterni però al vaso, sortì la corrispondente uguale quantità di acqua, e nel secondo sperimento, la vena, dopo la sua contrazione, non si attaccò punto all' orlo estremo del tubo, che riusciva da lei distante mezzo pollice.

Che se anche nel sortir l' acqua dal tubo, si fosse attaccata alquanto al contorno del foro, o vi si appressasse tanto, da poter credere, che colà fosse più grossa la vena sgorgante, di quel che fosse nel sito della contrazione, come si sospettò, quando al primo tubo ne surrogò un altro, lungo

bensì anch' esso 2 pollici, ma largo uno soltanto, onde il luogo della massima contrazione distava dalla estremità del tubo un pollice, e mezzo; non per ciò si deve dire, essersi aumentata la grossezza della vena contratta, e quindi diminuita la contrazione. Imperocchè la vera grossezza della vena, che dà la vera grandezza del foro, è quella, che è lontana un mezzo diametro dal foro interno; e la grossezza di quella, che formasi alla estremità del tubo, non è contemplabile, se non in quanto coll' ingorgo, che eccitì nel tubo, giunga a far ingrossare la vera vena contratta, più di quello che farebbe, sortendo da ugual foro libero.

Che se alcun poco si attacchi l' acqua, in sortendo, all' imo orificio, non può ciò creare all' acqua, che vi tien dietro, tale intoppo, che possa comunicarsi fino al sito della massima contrazione, ad alterarla. La stessa quantità di acqua, che esce con quell' attaccamento, come da semplice foro, ne fa la dimostrazione. E pure vi è qualche Scrittore, che alla sola vista di qualche allargamento della vena, in tubi anche cortissimi, sentenzia, ingrossata, nell' interno, anche la vena contratta.

III. Or quando si fa sortir l' acqua da un tubo inserto entro l' acqua di un vaso, che tenga il suo primo orificio entro l' acqua stessa, in distanza di qualche pollice dal fondo del vaso, si potrebbe credere, che fosse lo stesso, che il porlo sulla superficie del vero fondo del vaso: dappoichè è egli altro infine l' acqua, che contornia il tubo, che un vero fondo, come morto, alla superficie del quale trovisi inserto il tubo. Se tal acqua, che il circonda, e che sostenta la superiore, non abbia alcun moto, nè cospirante con quella, che tende al tubo, nè contrariante, ad alterarvi la velocità, con cui presentasi allo sgorgo; tal acqua, io dissi, potrebbe considerarsi, come un vero fondo morto, e il tubo, come posto sul fondo duro, e stabile di un vaso. Ma è necessario purificar la condizione, che l' acqua sotto al livello dell' orificio superiore del tubo, non abbia alcun moto, nè anche contrariante il moto de' filamenti, che tendono allo sgorgo. Due cose sono certissime, prima, che l' acqua, qualche linea sotto il livello dell' orificio, è premuta in ragion dell' altezza delle colonne, ch' essa sostenta, e che esercita, verso ogni parte, una reazione uguale all' azione. Seconda, che aperto il foro, e correndo ad esso anche i filamenti, che attorniano la colonna ad esso perpendicolare, e correndovi in modo, che non solo vi trovan loco, ma conservano una forza capace a stringer da ogni parte la colonna, che sorte, fino a formarvi la vena contratta, e la vera area del foro. Ciò posto, sarà

sarà pur certo, che le colonne circondanti il cilindro immerso, non verran più superiormente premute da quelle, che sostentano, come ad acqua quiescente, perchè quella parte, che le particelle d'esse impiegano nel moto delle curve, colle quali tendono all'orificio, e in un modo si valido, da ristringer notabilmente la vena, che sgorga, non posson impiegarla anche gravitando sulle soggette particelle quiescenti, come prima. Dunque le colonne, che immediatamente contorniano il cilindro, al cominciar dell'efflusso, perdono sopra di se parte di quella pressione, che prima sostenevano. Questa verità si può tenere per dimostrata.

IV. Or l'altre colonne superiori, che non tendono allo sgorgo, e non dividon l'azione di lor gravità, premon, si può dire, interamente le lor soggette, e queste per ugual modo le lor vicine, e queste le prossime al cilindro. Ciò è pure innegabile, quando la bocca superiore del tubo è più alta del fondo del vaso. E siccome per la pressione, che soffrono all'ingiù, sfiancano con un azione uguale verso ogni parte; reagiscon dunque, necessariamente, anche all'insù. Quelle, che all'insù trovano ugual pressione, stanno come prima immote. Ma le più prossime al cilindro, spinte come l'altre, anch'esse all'insù, e non trovando più il contrasto, e l'equilibrio di prima, perchè le particelle, ch'esse spingono all'insù, e circondan la colonna imminente al foro, impiegano altrove la lor gravità; queste, dissi, prossime ai lati del cilindro, per la prevalente forza delle colonne laterali, che le spingono verso ogni parte, dovranno infallibilmente portarsi all'insù, ove trovan men resistenza, con un conato uguale alla differenza della pressione, che sentono all'insù, e di quella, che lor manca all'ingiù dalla colonna soprastante tutta in moto. E come perpendicolarmente son premute; così in linea retta verticale debbono spingersi all'insù, finchè trovino una forza, con cui novellamente equilibrarsi. Or ecco, che nel montare all'insù, al di sopra del livello dell'orificio, che questo è lo scopo della lor mossa, incontran di traverso i filamenti curvi della colonna a loro sovrastante, che portansi dalla distanza, gia altrove determinata, all'orificio superior del cilindro, distante dal fondo del vaso. Contro di essi urtando, colla differenza gia detta delle due pressioni, debbon prevalere, finchè trovino una forza nella velocità delle particelle discendenti obbliquamente, colla quale rimettansi in equilibrio. Questa è pure una verità, che discende legitimamente dalla premesse, e che corroborasi in Idrostatica dalle pressioni delle colonne più alte, ne' vasi convergenti, contro le piccole, e dalla reazione di queste

contro il fondo, onde il fondo è premuto, come se il vaso fosse cilindrico.

Tutto il magistero del raziocinio consiste ora nel determinare l'effetto del conflitto di queste forze verticali, contro forze dirette per curve ad una parte, si può dir, media, verso cui si risolvono. Ma per trattar ciò in modo, che non ecceda le cognizioni, puramente elementari di Geometria, e d'Algebra, che debbo supporre ne' miei Discepoli; prendendo piccoli spazj, che si possano esprimere per piccole linee, di due o tre particelle, e con queste linee dinotando le forze, e facendo loro formare un angolo, nel loro conflitto; è gia dimostrato, che la risoluzione di queste forze si farà per la diagonale dell' rettangolo, che con esse si compone. Or questa diagonale sarà diretta a spingere le curve verso il loro asse, che è nell' asse del cilindro. Dunque l'azione delle particelle ascendenti, stringendo le curve al loro asse, faranno, che con minore, e curvità, e forza perduta nel conflitto, vengano ad incontrarsi, e formino una contrazion minore, e riuscendo la vena più grossa, tramandi maggior copia d'acqua.

V. Infatti nello sperimento, qualunque sia del Borda, essendosi, credo, presa l'altezza media dal foro, non dalla vena contratta, e nè pur la grossezza della vena media, tra tante di diverso diametro, che dovean succedersi, per le succedentisi diverse altezze; ciò non ostante si calcolò che l'acqua, che dovea sortire in tale sperimento da un semplice foro, dovea essere uguale al terzo del totale della vena, che sarebbe uscita, ad altezza d'acqua costante, come nella prima altezza. Or dallo sperimento, di cui parlossi al numero secondo, sortì la metà dell' acqua, che sarebbe sortita, ad acqua costante nel vaso; dunque ne sortì un mezzo terzo circa di più, che da un semplice foro: dunque s'ingrossò la vena contratta, sotto al primo foro, per la cagione de' filamenti bassi laterali, che spinti sopra al tubo, stringendo le curve accorrenti al foro, impedivan loro il rinserrarsi di più nel sito, ove incontravansi, della massima contrazione. Che poi l'ingrossamento della vena, si avesse al principio del tubo, non al fine, fu da ciò manifesto, che nell' atto dello sperimento, si osservò la vena sortente dal tubo, assaissimo contratta, e se ne dà la causa alla caduta, che vi aveva l'acqua da tutto il tubo, onde per la caduta libera doveva assottigliarsi, nel percorrere, in cadendo, sempre maggiori spazj, in tempicciuoli uguali. Di più anzi, si fa avvertenza, che non era là, ove la vena veniva ingrossata.

Che poi in secondo luogo, la cagione dell' ingrossamento pro-

procedesse dai filamenti bassi, operanti, come si è divisato al numero terzo, si fece manifesto nell' altro sperimento, in cui fu apposta, al primo orificio del tubo, la corona di circolo di metallo, la qual corona sporgeva in fuori, tutto attorno al tubo, e impediva ai filamenti bassi, cacciati all' insù contro le curve discendenti al foro, di urtare in esse, rompendo, ed esaurendo, nel di sotto di detta corona, l' eccesso della loro azione all'insù, come si è gia spiegato. Quindi non sentendosi più ftringer le curve da' filamenti bassi, che urtavan contro al di sotto della corona, tenevano la ftrada, come aurebber fatto per un foro libero, e dovean, come in esso, ftringer la vena, nel sito della massima contrazione. L' esito dell' esperimento comprova ad evidenza, che l' intoppo della corona ai fili bassi ascendenti avea totalmente impedita la causa, che prima ingrossava la vena, minorando la contrazione. Imperocchè sortì dal tubo per lo appunto la ftessa terza parte dell' acqua della vena totale, come in semplice foro.

Che poi quefta cagione, che ingrossava la vena, diminuendo la contrazione, che si fa in un foro semplice, venisse dal basso, cioè dal fondo del vaso tendendo all' insù, tutto attorno del cilindro; si fa palese dal non poter essa venire dall' alto al basso, e agire nella colonna discendente, perchè la corona serviva di vero fondo all' orificio superiore del tubo. E come il fondo de' vasi non agisce nulla nell' ingrossare la vena; così la corona non poteva operare, colla sua superficie di sopra, e però solo, con quella di sotto, e coll' impedire unicamente l' azione de' filamenti contornianti il cilindro, verso i filamenti, discendenti in curve al foro, come si è spiegato. Tale corona, per impedire l' ingrossamento della vena, bafta che sia più larga di tutta la zona cilindrica del fluido, che sente la chiamata al foro. Si potrebbe provare con una piccola corona, poi con una sempre più grande, fino ad uguagliar la colonna intera, che, per curve, all' intorno del foro superiore del cilindro, concorre ad esso; e se si vedrà, che sorte dal cilindro sempre minor quantità di acqua, quanto la corona impedisce maggior numero di filamenti bassi, dal sollevarsi contro le curve a reftringerle; si aurà anche una prova di fatto della ragione da me addotta.

VI. Ma non può essere certamente, che l' acqua de' filamenti, ch' eran cacciati all' insù, ancor essa si unisse all' altra, che accorreva allo sgorgo, onde per tale unione ne sortisse una quantità maggiore. Primo è impossibile tale unione. Secondo se fosse possibile non ingrosserebbe la vena, come si assume, ma l' assottiglierebbe, accrescendovi la velocità.

Di-

Dico impossibile tale unione, perchè l'acqua, che concorre allo sgorgo, vi concorre all'intorno del cilindro, tutta per curve, come ho già dimostrato nella Lezione VII. del primo Tomo. Al contrario l'acqua, che dal basso all'alto è spinta, vi si spinge nel nostro caso, soltanto per linee verticali. Dunque verticalmente si muove all'insù, fino che incontri l'ultime curve, o sia, le a lei più prossime, che concorrono allo sgorgo. In tale incontro poi, non può succedere altra composizione, o risultato di forze, che lo spiegato al fine del numero terzo. Le curve estime, che urtansi dalla nostr'acqua ascendente, son quelle di giunta, che hanno men forza, perchè son quelle, che hanno al foro minor chiamata, e l'acqua, più lontana allo sgorgo lateralmente, non può accorrere alla chiamata, che per curve. Dunque le curve estime dovrebber mettere in curva le particelle verticali di maggior forza incomparabilmente, che le vengono a urtare. Ciò è impossibile, e il loro effetto non si può determinare, che in un conato, giusta la diagonale della risoluzione delle forze, che si investono ad angolo, che nell'acqua anche immota si comunica da particella in particella mano mano che si toccano, purchè continuamente si rinuovi, rinovandosi l'azione, che il produce. Tal conato non può che stringer maggiormente le altre curve, in questo senso, che impedisce loro il dilatarsi maggiormente, come farebbero, se non vi avesse, attorno loro, tal pressione.

Che se pur avvenisse, che le curve estime concorrenti al foro, potessero rapir con seco, nell'ultima loro parte, uno strato, o due delle particelle verticali le più prossime al foro superiore del cilindro; viaggerebbon con esse, e congiungerebbero le loro forze, e ve le accrescerebbero in modo, da non esser impedite dalle curve lor superiori, o di accrescer loro movimento. E siccome dal movimento di queste dipende la maggior contrazione; così dovrebbero aumentarla, e non ostante la pochissima acqua di più, che concorresse allo sgorgo, torrebbe luogo, o velocità ad altre curve, stringendosi la vena, e sortirebbe minor acqua di quella, che sorte da un foro libero: il che è totalmente contro al fatto, e alla sperienza.

VII. A paragonare insieme la forza delle particelle, tendenti rettamente all'insù, con quella delle curve, che potrebbero trarle seco loro allo sgorgo per l'orificio del cilindro; si osservi, che essendo l'altezza del cilindro immerso di pollici 6, saran premute appunto all'insù, in vicinanza alle curve, con una forza equivalente al peso di piccole colonne d'altezza di pollici 6, essendo questa la differenza tra

l'al-

l' altezza totale di 17 pollici, e l' altezza di 11, dalla quale formasi la forza di gravità delle colonne superiori al livello del foro. Le particelle dunque inferiori, che accozzansi colle estime curve tendenti al foro, sono superiori di forza, equivalente al peso d' una colonna ad esse uguale di 6 pollici. Con altrettanta forza adunque prevaleranno, in conato, contro alle analoghe colonne, appartenenti alle particelle componenti le curve, spingendo le particelle delle curve, verso il loro asse, finchè la forza, ch' esse han contratta nella loro discesa al foro, assistita dalla forza delle altre curve più interne, che quanto han più di chiamata, han maggiore velocità, e vigore, agguagli quella del peso de' 6 pollici, posta però in moto, e mettasi con questa in equilibrio, computando quella, che mano mano va perdendo. Quale poi sarà la forza delle particelle delle curve esteriori, a resistere alla forza verticale dell' altre? Le prime curve, che dalle particelle impingenti all' insù saranno incontrate, saran le più lontane dall' asse ad esse comune, che mette al centro del moto, e al vertice equivalente di tutte. Saran dunque quelle, come gia detto è, che senton la chiamata meno delle altre, che muovonsi per ciò colla velocità più debole, e appena, si può dire, si muovono, accorrendo al foro. Come mai dunque, con una forza così fiacca, potran resistere alle prepotenti, che spingonle verso l' asse comune? Come potranno non restringersi, fino a quel segno, in cui prendano, una forza uguale a resistere, dalle più vivacemente concorrenti al foro? Come infine con tanta spossatezza, potran trar seco particelle tendenti all' insù, con un conato equivalente al peso di 6 pollici? Ciò è assolutamente icredibile.

VIII. Che se pur le particelle delle curve, più prossime al foro, prevalessero di forza, nella lor discesa, per linee accostantesi alle rette, onde trar seco le particelle contornianti il cilindro, e tendenti allo insù; quelle tali particelle delle curve sarebbero pur poche di numero, che godessero di questa superiorità, e sarebber di quelle, che per la lor direzione, o nulla, o pochissimo incurvata, avesser forza a contrar la vena discendente, possedendo questa abilità quelle soltanto, che scendono per curve maggiori, accostantesi alla linea retta. Poca dunque sarebbe l' acqua delle colonne tendenti all' insù, che potesse esser condotta al foro, e però nulla, o poco influente a modificar la vena. Trovandosi pertanto così abbondante l' acqua, che sgorga oltre il conveniente; quale delle due cagioni sarà da prescegliersi ad ispiegare il maggior corpo d' acqua, che scaricasi dal cilindro? O quella, che con una forza sì decisa impedisce le curve a maggior-

men-

mente dilatarsi, e a contrar la vena, e a contrar la vena più di quello, che dovrebbero, onde riesce nello sgorgo più grossa, e quindi getta maggior acqua; o sarà da eleggersi l'acqua delle pochissime particelle, che vengon tratte da alcuna delle linee acquee appena curve, che sono all'orificio superiore del cilindro, acqua al tutto incapace ad adeguare, e nè anche ad appressarsi a quella, che sgorga di più. Sul fine della Lezione seguente si faranno ulteriori riflessioni atte a meglio dilucidar questo punto.

LEZIONE XII.

Delle differenze nelle quantità d'acqua, trasmesse dai tubi esternamente applicati ai fori, secondo le diverse figure, che loro si danno.

I. Non tutte le figure di tubi, che possan applicarsi a' fori de' vasi, sono ugualmente suscettibili, sotto aree uguali, nell'apertura, ad una circolare, a lasciar formarsi, sotto il lor primo orificio, quella contrazione massima, che in pari altezze d'acqua, e in pari combinabili circostanze, si ottiene da un foro circolare, o da un cilindro, che non disturbi la contrazione. Nè pur tutte le maniere di misurare l'acqua sortita, sono valevoli a precisarne la vera quantità. Decantasi un celebre sperimento, e che si fa anzi base di paragone di altri, ma che per la sua maniera di determinare l'acqua trasfusa, risulta molto incerto. Chi però volesse da questo conchiudere, se le sperienze accordinsi colle Teorie, potrebbe molto ingannarsi nelle conseguenze, se le trovasse contrarie. Il Marchese Poleni da un foro di 9 linee di diametro, escavato in una lastra di rame, grossa soltanto una linea, raccolse una misura d'acqua di 2560 pollici cubici, in un minuto e mezzo. Usando in seguito di altra lastra di ferro, grossa 4 quinti di linea, per un ugual foro (gia s'intende sotto l'istessa altezza d'acqua) ebbe la stessa quantità di acqua in un tempo, maggiore del primo di tre secondi. Chi volesse confrontar questo sperimento colle Teorie, dovrebbe dire, che essendosi impiegato maggior tempo, per la lastra più sottile, a raccoglier la stessa quantità di acqua; la vena altresì è riuscita più sottile, cioè maggiormente contratta, e di tanto, che nel secondo sperimento, in un minuto, sarebbersi ottenuti pollici cubici 1652, e nel primo 1680. Dunque 28 pollici quadrati di più dalla lastra, solo di un quinto di linea men grossa dell'altra. Se con questo dato, si volessero far pa-

paragoni della quantità, che si dovrebbe attendere da simil foro in lastra grossa due quinti, o tre di linea, troverebbersi quantità d'acqua da sortire, che certamente discorderebber dalle Teorie.

II. Ma a rifletter alle circostanze tutte degli sperimenti, si scontreranno più misure, difficili a provarsi le stesse in entrambi. Doveań nel vaso trovarsi in amendue le sperienze pollici 14 e due terzi d'altezza d'acqua, come vien detto, ch' eranvinsi infusi. Ma è troppo facile, che, o nell'una, o nell'altra intervenisse qualche disuguaglianza non curata. Il vaso, che doveva empiersi due volte, si giudicava, ad occhio, ad ugual grado pieno; e si poteva facilmente prender abbaglio. Il vaso essendo ampio, lo sbaglio nel giudicarlo pieno, porterebbe sensibil divario. In fatti surrogatosi alla prima lastra un tubo dello stesso diametro di 9 linee, e solo al doppio più lungo, cioè 18 linee, empiè il suo vaso in un minuto, e secondi 12 e mezzo. Invece della seconda lastra, appostovi un tubo lungo 118 linee, empiè il vaso, nell'identico tempo, in cui lo empì il primo tubo. E' egli credibile, che la distanza di un pollice, e di una linea, dal sito della massima contrazione alla estremità del tubo, abbia potuto strozzar ogni contrazione, come la distanza di pollici 8 e mezzo? No certamente, imperocchè aumenta la contrazione un tubo lungo linee 37, perchè empie la misura in secondi 2 e mezzo di meno. Quel che è più, l'istesso aumento portò un tubo lungo 57 linee. Fece dunque più di resistenza all'acqua un tubo di 39 linee di lunghezza, che un altro quasi triplo. Non dunque tutte le maniere d'osservare sono abili ad esibire i giusti risultati.

III. Al contrario non sarebbe tanto da dubitare sull'altro sperimento del Poleni, in cui da un foro di tre linee di diametro, in una sottil lastra, trasse 607 pollici cubici in un minuto primo, facile a determinarsi in 60 giuste vibrazioni; e smussato il labro superiore di detto foro, ne ottenne, nello stesso tempo, 106 di più. Se non vi concorse un gonfiamento nella vena contratta, a trasmettere tant'acqua; se anzi pel concorso di nuove curve al foro, la contrazione sminuì alquanto; la maggior acqua accorsa per lo smusso, in un foro sì piccolo, poteva di tanto accrescer la velocità della vena, onde, anche sotto un volume alquanto scemato, potesser sortire meno di due pollici al secondo. Così la smussatura, che più agiva in un tubo lungo sole 7 linee, non potendo sì breve lunghezza impedir la velocità, come un tubo al doppio più lungo; anche sotto uguale contrazione, anzi maggiore, se si vuole, all'ingresso del tubo più corto, po-

tè colla velocità maggiore cacciar fuori dal tubo più corto, un pollice, e mezzo circa di più in ogni secondo, che per un tubo quasi al doppio più lungo, e con vena bensì più grossa, ma men veloce, perchè meno animata da altri filamenti, che entravan nel tubo più breve. Questi cangiamenti dipendon solo dalla diversa grossezza della lastra, e dallo smusso del labbro superiore de'loro fori, del quale si è trattato amplamente nella Lezione XVII. del Tomo primo, ove si son concordate le sperienze da esso dipendenti colle Teorie.

IV. Altri cangiamenti si proccurano ai tubi colle diverse figure, a cui si conformano. Avendo gia paragonati i tubi conici, e cilindrici, colle semplici lastre, son da paragonarsi, con altri tubi, e fori di diversa forma. Il Poleni da una luce quadrata, di linee 7 e due terzi di lato, posta sotto l'altezza d'acqua di pollici 14 e un terzo, raccolse, in un minuto, e 38 secondi, 2560 pollici cubici. Applicatovi poscia un parallelepipedo cavo, della larghezza precisa del foro quadrato nella lastra, ch'era lungo pollici 6, e una linea, ricavò l'acqua medesima in un minuto, e 17 secondi, e se l'avesse lasciata correre tutto il tempo, in cui corse per la lastra, aurebbe raccolti pollici cubici 3253 e mezzo. Convien dunque vedere, quanto si è contratta la vena per la lastra, e quanto si è ingrossata di più, pel parallellepido, e se ciò è a seconda delle Teorie. Cerchiam prima l'acqua, che sarebbe sortita senza contrazione di vena. Era l'altezza di linee 176 fino alla contrazione, la cui radice è 13 e mezzo. Il tempo necessario a discendere all'acqua da tale altezza, dalle nostre formole riesce $\frac{13\frac{1}{2}}{46 ✠ \frac{14}{23}}$. In questo tempo deve percorrere l'acqua, che sorte dalla lastra, un doppio spazio, a norma delle Teorie, cioè linee 352. L'area quadrata della lastra è di linee quadrate 58. Dunque multiplicando 352 per 58, passeranno, nel detto tempo, linee cubiche 20416. Multiplicandole pel denominatore della frazione del tempo, $46 ✠ \frac{14}{23}$, cioè per $\frac{1072}{23}$, cioè prima multiplicandoli per 1072, poi dividendo il prodotto per 23; sortiranno linee cubiche 951563, e un quarto. Per trovare il tempo d'un secondo, divido il 951563 e un quarto, pel numeratore della stessa frazione 13 e un quarto, e ottengo 73 973, e tre tredicesime linee cubiche, trasmesse in un secondo. Ma perchè trascorse l'acqua per secondi 98, multiplico l'ultimo trovato numero per 98, e aurò pel tempo intero dello sgorgo linee cubiche 8173239.

8173239. E perchè 1728 linee cubiche compongono un pollice cubico; dividendo per questo numero la somma delle linee cubiche; si auranno, di sgorgo naturale senza contrazione di vena, pollici cubici 4729. Ne sortirono soltanto 2560. Dunque non sortiron dalla lastra per forza della contrazione pollici cubici 2169, e tanti si può dire ne sortiron di meno.

V. A sapere le dimensioni di tal vena contratta, si instituisce questa analogia. Se i pollici cubici 4729 sortono da una luce d'area di 58 linee quadrate; i pollici 2560, da qual area saran sortiti? E si troverà, che da un area di linee quadrate 31 e un quarto, che porta un lato di oncie 5 e due terzi, poco più. Ecco la contrazione per la lastra, e la vera grossezza della luce quadrata, operante nello sgorgo. Indaghiamo la vena contratta pel tubo annesso. Da esso sarebbero passati pollici cubici 3253 e mezzo, se per ugual tempo avesse agito, come dalla proporzione del tempo, in cui agì, facilmente si deduce. Ma dalla lastra non sortiron, che 2560, dunque ne sortiron di più pollici 693. Dunque la vena fu più grossa pel tubo, cioè meno contratta, che per la semplice lastra. E qual fu l'area di questa vena? Ciò si determina dalla proporzione seguente; se le 2560 sortiron da un area $43\frac{1280}{1424}$; i pollici 3253 e mezzo, da quale saranno usciti? Si troverà, che da una di $55\frac{416}{2560}$, di neppur linee 7 e mezzo. Non giunse però questa vena ad agguagliar la naturale, che oltrepassava le 7 e due terzi. Ancora che però l'avesse agguagliata; chiaro è, che l'acqua, in passando pel tubo, e nell'incontrarvi la resistenza delle pareti di esso, deve correr men presta, che per l'aria libera, rattenuta da un maggior movimento, dal soffregarsi alle pareti del tubo, e nel correr men presta, deve sortire men copiosa, dovendo di necessaria conseguenza astringer quella per le curve a qualche ritardo.

VI. Infatti, invece del tubo, applicatosi alla lastra un canale, alto di sponda un solo pollice, e di fondo largo, quanto avevalo la lastra, mentre in 84 secondi trasfuse pollici 2560; in 98, ne aurebbe tramandati 2986 e due terzi. Or dalla lastra se n'ebbero 2560; dunque dal canale, 426 e due terzi di più, che dalla lastra. Dunque la vena dell'acqua nel canale fu più grossa, o men contratta, che nella lastra. E come dal tubo ne usciron 693 più che dalla lastra, da questo sortiron 266 e mezzo più, che dal canale, e però la contrazion della vena fu anche minore nel tubo, che nel canale. La ragione di ciò balza agli occhj. L'acqua, trascorrente pel tubo, incontrava resistenza da tutte quattro le pareti delle

sue facciate. Là dove nel canale della parte superiore non iscontrava niun soffregamento. Quindi il maggior attrito pel tubo poteva disturbar la contrazione più in esso, che nel canale. Vero è; che l'acqua dalla luce della lastra dovea cader sul fondo del canale, e perder contro esso buona parte di velocità. Ma il fondo del canale era più distante dall'apertura della lastra, che il sito della vena contratta, in modo che l'altezza dell'acqua, che formavasi sul fondo, non toccasse al sito della vena contratta, ad alterarla; in tal caso la perdita di velocità contro il fondo non influiva nulla, sulla velocità, che sgorgava dalla lastra, perchè l'acqua, ch'esso accoglieva, non portava niun impaccio a quella, che sortiva dalla lastra. Solo aurà concorso a tener l'acqua più alta, addosso le sponde del canale, e al principio d'esso le aurà occupate quasi tutte, per farsi una cadente di superficie verso il fine del condotto, che supplisse a quella di fondo, se gliene bisognava. Ma se tale altezza non giugneva al sito della vena contratta, onde sturbarla, non metteva ostacolo all'acqua.

VII. Ma se ciò fosse, egli parrebbe poi, che si dovesse incontrare la stessa contrazione nel canale, ch'ebbesi alla semplice lastra, se dal vaso sortiva nel modo stesso. Essendosi però scontrato, che dal canale sgorgarono pollici cubici 426, e due terzi, più che dalla lastra; certo è, che in esso la vena si fu meno contratta. E d'onde ciò, se il fondo del canale non opponeva impedimento allo sgorgo? Io non so precisamente, quanto il fondo del canale distasse dalla lastra. Non so, se la reazione dell'acqua, che cadeva sul fondo potesse farsi sentire in prossimità alle curve estreme, che determinavan la grossezza della vena. Ancora che l'altezza dell'acqua del canale non arrivasse a frastornar l'unione delle curve; la reazione però (notisi bene) del ribalzo dell'acqua dal fondo del canale allo insù, poteva farsi sentir di leggieri ne' contorni della vena; e se non fosse capace di rattener l'unione de' filamenti, che discendevan, per le curve; poteva però loro rubar alquanto di forza, a rinserrarsi maggiormente. Quindi, senza impedir la contrazione, toglier poteva alle curve il perfezionarsi nel modo, che loro riusciva nell'aria libera: per lo che riuscendo la vena tutto all'intorno un poccolino più grossa, dovea, come fece, tramandare maggior acqua. Secondo la dottrina del Bernoulli l'acqua, che cade sopra una piastra, come qui sul fondo del canale, ripiega i filamenti, esterni, che la compongono, in arco, in qualche distanza dalla piastra, e i filamenti interni, urtando in essa, riflettono all'insù contro la direzione della vena, a indebolirvi la forza di caduta, e la velocità, onde minor rinser-

serramento formandosi nella vena, che riusciva più voluminosa, trasmettesse, come lovea, maggior corpo d'acqua.

Anche l'ondeggiamento, o subsulto dell'acqua dal ribalzo, poteva, se non di continuo, frequentemente però, battere il contorno delle curve, e alterandone il lor naturale andamento, sbandarle alquanto, e renderle incapaci a rinserrarsi di vantaggio, e quindi in necessità di trasfondere acqua più copiosa. Avendo il canale aggiunto sponde così basse, non si sarà tenuto, che il meno possibile, lontano dalla lastra, onde la troppa caduta non facesse saltar fuori dalle sponde l'acqua sgorgante. Certamente la contrazione non era immediata, ma però disturbata a mettersi sulla curva, che prendeva tra l'aria libera. Se si avessero tutte le minute circostanze dello Sperimento, si potrebbe accertar meglio, qual ne fosse la cagione, o la predominante tra parecchj. A me basta d'aver fatto conoscere a miei Discepoli le moltiplici viste, e intrinseche, che debbon aversi presenti nella disamina d'esperimenti ancor triviali, per conoscer le cause operative.

L E Z I O N E XIII.

Delle differenti quantità di acqua per le diverse aperture esterne de' tubi applicati.

I. Le diverse aperture esterne de' tubi conici, applicati esternamente ai fori, portan diversità nell'acqua trasfusa. Il Poleni da una luce in sottil lastra, che sopra se teneva pollici 21 e un terzo d'acqua, avendo raccolti per un diametro di linee 26, in un minuto primo, pollici cubici 15754, e con un tubo cilindrico, della stessa apertura, ma lungo pollici 7 e due terzi, avendone ottenuti 23433; usando di coni troncati di simil lunghezza, ma uno largo di fuori linee 33, l'altro 42, con entrambi raccolse pollici 24757. Con ciò dal cilindro ebbe 669 pollici, più che dalla lastra, e dai coni troncati, 1324 più che dal cilindro. La vena dunque andò sempre ingrossando, e la contrazione si fè minore. Perchè la vena ingrossi dalla lastra al tubo, l'abbiam veduto nella Lezione IV. Perchè poi da un foro più largo, per cui l'acqua ha esito più facile, passi così lenta l'acqua, onde gonfii fino al sito della contrazione, cioè fino ad un pollice abbondante dalla lastra, ciò può fare giusta maraviglia. Ora è certo, che la maggior larghezza degli orificj esterni non può da se dar niuna chiamata all'acqua del vaso, mentre non riceve la chia-

chiamata, che dalla larghezza dell' orificio interno. Ma l' acqua astretta a traversare un cilindro lungo pollici 7 e due terzi, cioè 3 volte, e un pollice, e un terzo di più, che la luce, per cui vi entra; se trovasse tanti punti d' incidenze, e di riflessioni in esso, e tanto attrito, onde perdendo di moto, e gonfiando all' insù, impedisse alle curve, ch' entran pel foro di entrarvi, con quella facilità, con cui entrerebbe in una semplice lastra, e colla stessa velocità, e copia; egli è certo, che per altro tubo, avvegnachè uguale di lunghezza, in cui però non soffrisse tante incidenze, e riflessioni, e ancora che si mantenesse nella stessa contrazione, entrandovi con maggiore facilità, vi entrerebbe in maggior copia; e tanto più, se mantenendo la stessa facilità ingrossasse ancor di vena. Allora l' acqua sarebbe per due ragioni, più abbondante.

II. Or che, entrando l' acqua per curve entro i tubi, debba nelle pareti di essi farvi varie incidenze, e riflessioni, secondo la lor lunghezza, e che in esse debba ingorgare, e ingrossar la vena, ritenendo però la forza di espellerla; noi l' abbiam veduto nella Lezione v., spiegando il flusso dell' acqua pei tubi cilindrici. In tubi però conici ugualmente lunghi, divergendo sempre in fuori i lati; le incidenze de' filamenti curvi, vi si debbon fare più obblique, e toglier loro meno di forza, e di velocità, ed anche men frequenti, per la maggior distanza, che deve intrommettersi, tra una incidenza, ed altra. Dunque l' acqua vi passerà con quella maggior forza, che non vi è più disturbata; e non potendosi misurar internamente la vena contratta, ancora che conservisi la stessa, che nel cilindro, venendo però fuori con ispirito maggiore, verrà fuori in maggior copia. In vedendo sortire acqua maggiore da un tubo, non si è in necessità di dire, che n'esca con vena più grossa. Se può esaurire la sua forza in un effetto solo, non dobbiam ricorrere ad altri, per ispiegar il fenomeno. Se lo spirito maggiore, che tiene l'acqua, supposto che vi si trovi, e non si finga, basta a spiegar il fenomeno; dobbiam di esso contentarci.

Or in un tubo conico, se vero è, che i punti d'incidenza son meno frequenti, se in essi deve l' acqua perder meno di forza, per la maggiore obbliquità, in cui battonvi le curve, che contraggon la vena; chi può negare, che l' acqua in entrandovi, non sentavi maggior chiamata, che per un cilindro; o non v' entri con maggior vigoria, per cui non solo superar meglio le resistenze, ma passarvi ancora con velocità. Ciò basta a spiegare il fenomeno. Osservisi, che, a passare con maggiore spirito, minor energia richiedesi, che a restringere

gere in quel passaggio una vena corroborata dalla discesa perpendicolare di tanti filamenti sovrastanti al foro, come si disse al numero VIII. della Lezione V., e che per ciò più facilmente può ottenere il primo effetto, che il secondo.

III. Michelotti il Padre volle applicare ad una luce quadrata, in un fondo di vaso, ch' era d' area di 9 piedi quadrati, e che quindi ne teneva 3 di lato, un imbuto quadrangolare troncato, fatto internamente a quattro curve cicloidali, non si sa però con qual circolo generatore. L' imbuto era largo al di sopra pollici 6, era alto pollici 2, e linee 4, e due terzi, e terminava addattandosi alla luce quadrata, con lati di 3 pollici l' uno. L' altezza dell' acqua, sopra la luce quadrata della lastra, era di piedi 21, pollici 6, linee 8 e mezza. Lasciata correr l' acqua, e misurata la vena nella sua massima contrazione, dicesi, che di 9 pollici cubici, quanti dovea contenerne di sezione d' area, non n' ebbe che 8, e 17 trentasseiesime. Su questo dato solo farò fare a' miei Discepoli alcune riflessioni a maggior loro instruzione. Che la vena fosse grossa solamente i detti pollici, ciò indica, che mancavano, alla sua piena area, 19 trentasseiesime di pollice quadrato, e queste, metà in larghezza, e metà in lunghezza. Ora a dividere un pollice quadrato, di cui si tratta, in 36 parti quadrate; convien dividere le 144 linee quadrate, di cui è composto, in 36 parti uguali, ognuna delle quali è di 4 linee quadrate; perchè 4 volte 36 fanno 144. Mancando dunque 19 trentasseiesime, ossia 19 volte 4 linee quadrate, mancheranno 72 linee quadrate alla grossezza prima della vena, e queste, metà in lunghezza, e metà in larghezza. Dunque 36 si son levate in larghezza, e 36 in lunghezza. Ma per levare 36 linee quadrate in lunghezza, e altre 36 in larghezza da un quadrato, che ha il lato di 36 linee, come lo aveva la luce quadrata, basta levare una linea alle 36 del lato. Dunque la contrazione è stata di una linea, onde il lato del suo quadrato era di 35 linee, invece di 36. Dicesi, che questa contrazione fu di 586 dieci millesime di pollice quadrato. Ecco, come si trova ciò. Essendo l' area di 9 pollici quadrati, sarà di 1296 linee quadrate, e queste facendosi corrispondere a 10000; le 76 mancanti, che danno la contrazione, a che corrisponderanno? La propozione sarà 1296 : 10000 : : 76 al quarto termine, che si cerca, uguale a 586 crescenti di contrazione. Ma qui riflettasi bene il senso, in cui prendesi da altri Autori il vocabolo di contrazione. Finora noi abbiamo intesa tutta la grossezza della vena, diminuita soltanto di quella porzione, a cui dallo stato naturale, cioè da per tutto uguale al foro, l' ha ridotta ad un foro di dia-

diametro più stretto la compressione de' filamenti acquei, concorrenti al foro, per ogni parte per curve, e che andavano scambievolmente ad incontrarsi restringendo la vena. Or quando dicesi, come in questo caso, che la contrazione fu di 586 dieci millesime; intendesi solo la misura del restringimento, e non in tutta la vena, ma nella sezione orizzontale, la più piccola di essa; e si vuol dire, che supponendo l'area della sezione orizzontale di dieci mila parti uguali quadrate, la parte mancante ad essa area, per lo stringimento fattosi nella vena, non è che di 586 di esse parti. E' poi facile, come si è veduto sopra, ridurle a linee quadrate.

IV. Ora è a vedersi, per qual cagione il tubo cicloidale apposto entro il vaso, abbia impedita la contrazion tanto di più, di quel che abbia potuto la semplice lastra. Convien risovvenirsi, come si è provato nella Lezione VIII. del Tomo primo, che sono le curve concorrenti al foro quelle, che stringon la vena, e che quanto han più di forza per altezza maggiore d'acqua nel vaso, e quante più sono di numero, come ne' fori più larghi, e quanto meglio possono adattarsi attorno al foro, senza esserne impedite, o dai lati troppo vicini del vaso, o da altro ostacolo; tanto più anno di forza, tanto meglio si combinano nella circonferenza della contrazione; tanto più stringon la vena, e tanto minor acqua lascian trascorrere dal foro. Ciò posto, non considerando per ora la forma del tubo, esso

I. Sopravanzava lateralmente al foro vero di pollici 2, e linee 4 e due terzi. Per questo riguardo, impediva moltissime curve dall'accorrere al vero foro della lastra, come solevano accorrervi. Ciò due effetti dovea partorire, cioè una minor affluenza d'acqua alla lastra, e una assai minor disposizione a contrar la vena.

II. Vero è, che superiormente l'orificio dell'imbuto era quadruplo dell'area della lastra, contenendo essa 36 pollici quadrati, mentre la lastra non ne aveva, che 9, e tale orificio era più alto della luce della lastra, piedi 2, e linee 4 e due terzi. Dunque questo orificio non distava, che un pollice e mezzo, dal parallelepipedo, che si imagini soprastare alla lastra, e sempre meno distava, quanto più appressavasi, discendendo, alla lastra. Ma è certo altresì, che concorrendo l'acqua attorno ai fori, massimamente se larghi, dalla distanza da essi di molti pollici; non è troppo il dire, che non ostante la sua distanza d'un pollice e mezzo dalla lastra, s'impediva almeno per 3 pollici all'intorno di concorrervi quell'acqua, che sarebbe concorsa alla lastra, non essendovi l'imbuto. Nulla non poteva dunque contribuire la larghezza

supe-

superiore dell' imbuto alla contrazione della vena, nel vero sito, che ne determina la misura.

III. Vero è altresì, che alla parte superiore dell' imbuto confluiva un numero più grande di curve, di quello, che sarebbe accorso alla semplice lastra; ma è al tempo stesso certissimo, che non poteva confluirvi, che colla velocità, ch' era necessaria a dar esito a quella, che smaltirsi potea dalla lastra. Quant' era però maggiore il numero de' filamenti, che concorrevano all' apertura dell' imbuto; tanto dovevan essi muoversi più lenti, e più privi di quella forza, colla quale nell' incontrarsi rinserrare di più la vena.

IV. Il trovarsi ancor distanti dalla lastra, 2 pollici, e 4 linee, e due terzi; toglieva loro una parte di quella forza, che avrebbero avuto nel sito della lastra, e quindi toglieva loro il restringer di più la vena.

V. Nè anche i filamenti tutti laterali, che concorrer potrebbero alla parte superiore dell' imbuto, hanno la disposizione di avvicinarvisi. Que' soli vi si determinano, che senton la chiamata della lastra, quattro volte più piccola, e tanto più depressa; e moltissimi non la sentono, per l' interposizione, da ogni parte, de' lati dell' imbuto.

V. Quali son dunque quelli, che accorreranno, e in quale disposizione? Que' tutti in primo luogo, che formar si possono, entro il recinto dell' imbuto, con tutta libertà, senza urtare nelle pareti cicloidali; questi tengonsi nelle convenienti loro curve. Ma questi non oltrepasseranno la distanza di un pollice e mezzo, dalla periferia della lastra, e questi soli in detta distanza, tenderanno tutti interi al vero sito della vena contratta. E se questi son capaci, a somministrare tutta l' acqua necessaria ad un pieno sgorgo; son sì poco tra loro convergenti, che solo d' alcun poco stringon la vena, e la loro forza è per la maggior parte cospirante coi filamenti, che scendono perpendicolari, in grazia del moto libero di questi verso la lastra. Gli altri più prossimi, che li contornano, se non senton la chiamata anch' essi alla lastra, sentonsi invitati a succedere nel luogo di quelli: ma la lor chiamata non sarà per curve, dirette al foro del fondo, come quelli, ma dirette all' orificio superiore dell' imbuto, oltre qualche piccola parte, che potesse tendere tra i lati dell' imbuto, e tra le curve esterne, tendenti al foro. Una tale tendenza di curve, con poco moto, che impression può portare, contro curve liberamente viaggianti? Non può far altro, che esercitarvi lateralmente una pressione, in ragion della loro altezza, e se questa superasse come è dovere, alquanto la pressione delle colonne discendenti, nata da pari altezza, per esser la gravità

di essa distratta nel moto; ciò non pertanto la forza dell'acqua cadente resisterà abbastanza, per non esser punto disturbata dal suo movimento, e per non esser ristretta maggiormente. Nè la curva per la Cicloide può ajutar gran fatto il moto della colonna discendente. Quantunque il moto per la Cicloide sia il più veloce, e il meno disturbato, che per l'altre curve, se le curve de' filamenti cospiranti al foro non ne prendono l'andamento, esse non giovan punto ad accelerarli. Dalle sperienze, che noi abbiamo, concorrono al foro per archi circolari, ed è difficile, che essendo in libertà di conformarsi ad essi, possa la cicloide obbligarli a correre a sua seconda. Non è dunque, che la maggior quantità dell'acqua, che sorte, debbasi ad essa, ma debbesi alla minor contrazione, ch'essa promuove, non lasciando agio ai filamenti di stringersi insieme maggiormente, come fanno per una luce libera.

VI. Se l'acqua tenesse, in sortendo dall'imbuto, la direzione della Cicloide; siccome per fori più larghi si fa una maggior contrazione, perchè vengono i filamenti ad incontrarsi con un angolo circolare, sempre più grande; certo è, che per la Cicloide si scontrerebbero con un angolo ancor più grande. Ma è a vedersi, se seguendo le curve estreme la direzion della Cicloide, tenessero la stessa, anche le altre curve, più rimote dalla Cicloide, e che corrono libere alla chiamata del foro, con curve loro proprie. Non potendo ne' fluidi la figura de' vasi influire alla direzione del loro sgorgo, nel senso in cui ragioniamo; proseguirebbero i filamenti interni la solita lor carriera, niente imbarazzati da altra curva, che tengano i più distanti tra loro. Se caminasser tutti sulla direzione della Cicloide, ne avverrebbe una massima contrazione, poichè incontrerebbonsi, con un angolo più aperto, che concorrendo per archi circolari. Dunque nella parità delle altre cose; la vena dovrebbe più restringersi, quanto son più grandi al caso le Cicloidi, e ne sortirebbe un sempre minor corpo d'acqua.

LEZIONE XIV.

Della quantità d'acqua tramandata da tubi di diversa lunghezza.

Ritenuta sempre la stessa altezza d'acqua in un vaso sopra un foro, applicando diversi tubi dello stesso diametro del foro, ma di diversa lunghezza; sorte, fino a un certo segno, mag-

maggior copia d'acqua. Il Poleni da un foro, di 9 linee di diametro, in una lastra grossa una linea, sotto un altezza d'acqua di linee 172; raccolse pollici cubici 1680, in un minuto. Applicandovi indi un tubo lungo, linee 18; ne ottenne 2119; poi con altro tubo, lungo 39 linee; n'ebbe 2194; e in fine con uno, lungo linee 57, ricavò i pollici stessi 2194. E quel, che è più mirabile, con un tubo lungo 108 linee, l'acqua trasmessa, fu, quale per la semplice lastra, cioè di pollici 1680. Se il tubo è più lungo, per tutti gli Autori si dice, che vi è maggior soffregamento; se vi è maggior soffregamento, vi deve esser perdita maggiore di velocità; con una perdita maggiore di velocità (ecco il mirabile) sorte un maggior corpo di acqua. Dicesi, che la vena, pel maggior soffregamento dell'acqua pel tubo, più ingrossa, e la vena resta men contratta. Ma il ritardo della velocità si fa attorno ai lati del tubo; ivi dunque l'acqua corre men veloce, dovrebbe dunque affrettare nel mezzo del tubo, perchè passi per esso sempre la stessa quantità. L'acqua per ciò, che passa pel mezzo del tubo, deve sentirsi come stringere dall'acqua, che striscia alle pareti. Come dunque, dovendo l'acqua correr più presta nel mezzo del tubo, e verso esso sentendosi, a sì dire, pressata dall'acqua laterale tutto intorno; come può ingrossare la vena, che per le due dette ragioni dovrebbe assottigliarsi, e in grazia dell'assottigliamento, sortirne in minor quantità. Questi sono gli oggetti, che, a spiegazione di questi sperimenti, convien rischiarare.

II. E per ciò, che aspettasi in prima al soffregamento, non v'ha dubbio, che l'acqua, nel cadere pel tubo, non si striscii a' suoi lati, onde sentirne del ritardo. Per quanto sia liscio un tubo, ha sempre disuguaglianze, cavità, nelle quali, sebbene urti lateralmente, perde di moto. Ciò è certo per molti sperimenti. L'attrazione, che il legno, e il metallo tiene all'acqua comunemente, e che agisce in ogni punto, contro ogni particella che il lambe, cospira anch'essa, colle altre resistenze, ad infievolire il moto delle particelle. Tanto più, che prese, per esempio, circolarmente cento particelle, al di sotto della qualunque contrazione, che formisi sotto al foro, le quali debbano cadere lungo il tubo intero fino a sortirne, e supponendo cento i punti corrispondenti d'altezza nel cilindro; ognuna delle particelle cento, circolari, troverà successivamente cento particelle solide, poste in linea perpendicolare, ad ognuna delle quali soffregarsi, e vincerne la resistenza. Le particelle dunque acquee circolari nel discendere, dopo aver perduto di sua forza nel soffregamento colla prima particella solida perpendicolare nell'interno del tubo,

dovran perderne anco nella seconda, e nella terza, e in tutte fin dopo la centesima. Che se le particelle acquee circolari, nel discendere, serbasser sempre la stessa forza, perderebbon l'istessa porzion di vigore, contro ciascuna particella particolare resistente. Ma se perdono alcuna cosa colla prima particella solida; nel soffregarsi alla seconda, non avendo tanta forza, come contro la prima; la resistenza, che è sempre la stessa, vi leverà una maggior porzioncella della gia tolta alla prima: opponendosi la stessa resistenza ad una forza gia debilitata, farà contro questa una maggior impressione. Quindi le particelle acquee discendenti, considerando in esse la sola forza, con cui han cominciato a discendere, dovrebbero, contro ogni particella solida resistente, e verticale del tubo, andar sempre perdendo di vigore, e tanto di più, quanto è più lungo il tubo. E siccome le particelle acquee han tra loro una sensibile attrazione, come si è veduto, intingendo l'estremità di un dito nella superficie dell'acqua stagnante, che sollevando il dito, vi tiene attaccata non solo quella parte d'acqua da esso tocca, ma con essa un intera goccia; così il ritardo, che succede in ogni particella circolare, di ogni perpendicolare, si comunicherà ad altre circolari prossime, anche verso il centro del tubo, e il ritardo, se andasse crescendo da particella in particella perpendicolarmente, si potrebbe far sentire, anche circolarmente a più d'una particella, dalla circonferenza al centro; e in distanza dalle pareti interne del tubo, vi sarebbe ritardo, in una zona sensibile d'acqua più prossima alle pareti.

III. Ma se perde l'acqua in ogni punto del discendere, per lo soffregamento; convien vedere, se nel discendere stesso acquistasse d'altronde alcuna forza, che ne riparasse le perdite. Se i corpi, che liberamente cadono, in tempi uguali, percorrono spazj nella progressione de' numeri impari, e se la forza di essi si desume dalla lor massa nel quadrato della velocità; quanto più discende un corpo, tanto più cresce di forza, e se nel primo instante non è abile a vincere una resistenza, poco appresso acquista una forza molto superiore, onde poco, o nulla risentirsi in essa. Se dunque la particella acquea circolare, e orizzontale, nello scontrarsi nella prima solida perpendicolare, e nella seconda, e nel superarne il laterale intoppo, venisse a perder di suo vigore; nel discender per questo spazio, e molto più in seguito della sua caduta, prenderebbe tal vigore, di non punto risentirsi alla piccola azione di altro intoppo, massimamente che non è nulla, o almen pochissimo contraria alla direzione del suo moto. Se poi vogliasi aver mente alla piena libertà, in cui tro-

trovansi quelle di mezzo alla caduta, per l'adesione, che regna anche lateralmente tra le particelle acquee; le più veloci sollecitar debbono le men veloci; come era giusto il concepire, che le esterne, nel soffregarsi ai lati del tubo, e perdendo di moto, ne facesser perdere eziandio alle lor vicine. E' dunque a calcolarsi, quale di queste due cagioni, l'una ritardante, l'altra accelerante, debba prevalere. Io non credo, che la prima possa mai credersi più forte della seconda, e che quegli Autori, che rifondon tutto il ritardo nell'acqua, dal soffregamento contro le pareti, non abbian mai presa a considerare la sua pochezza, rispetto alla forza, e particolare delle particelle acquee nella discessa, e delle loro compagne più interne, da se sole capaci a ristorarle d'ogni perdita, anche col loro precorrer più veloce, e facendo la strada più facile ad esser seguite. Quanto più l'acqua ancora va scendendo, tanto più assottigliandosi, tanto meno ha bisogno di tutta la capacità del tubo, per esservi contenuta nè di soffregarsi ad esso per viaggiare. Se ne può tener lontana, quand'altra cagione non l'obblighi di starvi appoggiata, e secondarne le pareti.

IV. Io son però di sentimento, che nulla agisca il soffregamento a gonfiare la vena, e molto meno, dopo averla ingrossata, ad assottigliarla, come in semplice lastra. Infatti perchè il soffregamento sia causa, che la vena s'ingrossi, è necessario, ch'esso agisca in modo nella parte superiore del tubo, onde l'acqua discendente colà perda la forza, che ha per le sue curve, a non poter proseguir per esse, almeno come prima usava. Ad ottener ciò è necessario, che pel soffregamento perda l'acqua tanto di velocità, e tanto ingorghi interno alle pareti del tubo, ond'essa, o si cacci con un moto all'insù, tra lo spazio della vena contratta, e il tubo, a ricevere in se l'azione delle curve, e impedir loro lo stringersi maggiormente insieme, o almeno attorno all'imbuto, che forman le curve cioè tra le curve, e i lati del tubo si insinui, in guisa di render dette curve meno convergenti. Io non credo, che siavi altro modo fisico, in cui un acqua già sortita dal foro, per pura forza di soffregamenti, che soffre, dappoichè è sortita da esso, possa agire contro esso.

Or ancorachè il soffregamento rendesse morta tutta l'acqua aderente alle pareti del tubo; l'acqua però, che sorte dalla contrazione, con un diametro più piccolo di quel del foro, troverebbe ancora pel tubo sito da passarvi, collo scarso volume della vena contratta, e molto più vi passerà, assottigliandosi vieppiù tanto, come fa nel cadere: e un effetto sì grande, e mostruoso, che abbiam supposto, del soffregamento,

-to, non potrebbe nulla influire nella sottigliezza della vena; che non ne resterebbe punto disturbata. Che si può dare di più al soffregamento? Converrebbe dunque, che rendesse morta tant' acqua attorno alle pareti del tubo, onde non vi potesse passare la si sottile vena contratta. Ciò poi sarebbe capace a far ingrossare la vena gia assottigliata? Come con tutta quella resistenza attorno può ingrossare? Dovrebbe anzi restringersi per trovarvi passaggio. Ma come si salverebbe la maggior acqua, che tramanda in grazia del soffregamento? Converrebbe, che oltre al restringersi, aumentasse di velocità; ma qual ragione si può ideare, perchè l' aumenti? L' aumento poi conducente dovrebb' essere nella vena contratta, non sotto di essa. Come poi, allungando il tubo, e dando a l' acqua un soffregamento maggiore, deve tornarsi ad assottigliar la vena?

V. Se dunque il soffregamento non può ingrossar la vena, rendendo esso, come morta, l' acqua attorno al tubo, e in tanta grossezza; nè anche il potrà, facendo montar l' acqua all' insù a ricevere in se l' azione delle curve, tendenti a frangersi colle loro antagoniste. In questo sito è il massimo nerbo dell' acqua. Per insinuarvisi entro, convien rompere le sbarre, che il difendono, e son queste le curve, ove è concentrata la forza dell' acqua. E un semplice soffregamento è piccolissimo (perchè l' ingrossamento della vena succede anche in tubi cortissimi) con quali risorse darà tanta attività all' acqua, che ingorga, non solo da non essere respinta dalla forza delle curve, e dall' acqua, che spiccia tra esse con tanta violenza, ma di penetrarvi tra mezzo, ad esservi insiem compressa coll' altra? E se pur ciò avvenisse, come spiegare la maggior quantità d' acqua che sorte? La grossezza della vena non sarebbe per la maggior copia d' acqua, che sortisse dal vaso, ma per quella gia sortita, che vi si frammischerebbe. E per qual ragione aumentandosi la lunghezza del tubo, cioè il soffregamento, quest' acqua spinta da esso all' insù, poi retrocede, e lascia campo alla vena di rinserrarsi, e rispetta le curve? Perchè all' attacco di quest' acqua insorgente, e alla battaglia, che fa colle curve, e allo sbandarle, non perde l' acqua per le curve la velocità, e tramanda acqua maggiore di quella, quando non ha da affrontarsi con niuna seconda forza, ma con quella sola delle altre curve, che formano insieme la contrazione?

VI. Nè è meno inesplicabile, come pel soffregamento l' acqua strisciantesi alle pareti, (che si assottiglia sempre nel tubo, quanto più cade, e che tiensi più lontana dalle sue pareti nell' assottigliarsi) possa arrestarsi in modo, da non po-

poter più scorrere all' ingiù per esso, come porta la Teoria del soffregamento, ma sia forzata a montar all' insù, e non potendo superare il prepotente impeto delle curve tra lor pugnanti, portisi al di dietro di esse, tra le loro gibbosità, e le pareti del tubo, fino a guadagnare il labbro del foro, da cui è sortita. Chi mai fantasticando può ideare un modo, onde ciò avvenga pel puro soffregamento, che soffre l' acqua alle pareti del tubo? E come poi trovar di più la cagione, che vaglia a darvi un movimento, che disturbar possa il moto dell' acqua per le curve, che dipende unicamente dall' altezza dell' acqua soprastante al foro, e vuol dire da un moto assai forte, che giugne perfino a stringer tra loro i filamenti concorrenti al foro, rimovendoli dal moto perpendicolare della lor caduta, e unendoli in un area minore di quella, da cui sono trapassati? Forse nel trovarsi essi a gravissimo stento montati al di dietro delle curve, il ricever moto da esse, che toccan soltanto, può scemare alle curve tanta forza, onde men si rinserrino insieme? Ma qual forza potrebbon perdere, dando moto a si piccol corpo d' acqua, che appena le tocca, e di cui esse appena si accorgono? Forse il moto di contatto ad essi impresso nel lambire le curve, può metterli in tanto orgasmo, e come in burrasca, onde coi loro flutti battendo le curve, vagliano a sbandarle? Ma il moto ad essi impresso non sarà mai maggiore di quello delle curve, e sarà una piccolissima porzione, comunicata lor di passaggio, e che li deve respinger continuamente a seconda delle curve, per esser rimpiazzati da altri più vicini. Quand' anche ricevesser dalle curve qualche moto; e che mai potrebbero operare in sì piccola massa, e come tempestare, premuti all' insù, non si sa come, dalla forza del soffregamento, che pur persevera? Io veggo, che questi miei sono delirj, ma non si può che delirare nell' interpretar dei sogni. I miei Discepoli apprenderanno con ciò a pensare acconciamente, anche su piccoli oggetti. Sarà di gran vantaggio per essi in argomenti grandi.

Convien dunque cercare un altra cagion diversa dal soffregamento, che produr possa alcuno dei detti effetti; e conciliarla colla maggior quantità d' acqua, che fino a un certo segno tramandasi, e che, coll' accrescer la lunghezza del tubo, cessi d' agire ulteriormente, come non esistesse più, e si trattasse d' una semplice lastra.

LE-

LEZIONE XV.

Le contrazioni, che formansi entro ai tubi, son la cagione della diversa quantità di acqua, che sorte da essi, per la diversa lor lunghezza.

I. La contrazione, che si fa della vena poco sotto all' orificio del tubo aggiunto a un foro, dipende, non v' ha dubbio, dalle curve, colle quali i filamenti, che contorniano i soprastanti al foro, entrano, e sorton da questo, da ogni parte dello stesso, e si vanno ad incontrare, in una circonferenza più piccola, se son fori circolari, o in un quadrato, o rettangolo, o triangolo più piccolo, se il foro è quadrato, o rettangolo, o triangolare. Da ogni punto di tale circonferenza, o perimetro, ove si urtan le forze de' filamenti accorrenti al flusso, è necessario, che dopo il loro urto ritengano in se la reazione, che vi han sofferta, uguale all' azione, detratta però quella parte di forza, che nella collisione si è perduta. Ma la forza è assai sensibile, dipendendo dalla massa dell' acqua urtante, nel quadrato della velocità; il conflitto succede obbliquamente. Dunque buona parte di forza deve rimanere ne' filamenti, dopo che insieme hanno urtato nella circonferenza della vena contratta. Col residuo di questa forza, i filamenti son ribattuti per le gH, oI della figura seconda, come si è mostrato al numero VII., VIII. della Lezione V., e debbon portarsi tutti contro l' interna parete del tubo, sulla circonferenza di circolo, o fascia di circolo, che detti punti vanno ad occupare, determinandosi la distanza di detto circolo, dal circolo della vena contratta, secondo la combinazione della forza di discesa all' ingiù, e della forza di repulsione contro le pareti. Così da ogni punto della circonferenza go della contrazione, e delle sue adjacenze, parte un filamento ribattuto, che prende la curva rovescia dalla prima, cioè la gH, oI, e va a terminare al suo punto analogo della circonferenza, o fascia HI. Ecco in questa tendenza de' filamenti, dal sito della vena contratta, alla circonferenza del tubo, una contro-contrazione, cioè un moto tutto diverso dalla contrazione, perchè questa unisce i filamenti, quella gli sbanda; questa gli caccia verso l' asse del tubo, quella alla circonferenza. Ciò è tanto vero, che in un breve tubo di vetro, per cui corra acqua tinta, vedesi tra questi filamenti, e il vetro, libero al tutto lo spazio ngh dal fluido colorato.

II.

II. I filamenti, che dalla contrazione portansi alla circonferenza interna del tubo, son quelli soltanto, che per curve si sono affacciati all'orificio: gli altri, che non han combattuto, che come pazienti, perchè le forze si son comunicate a traverso di essi, seguono la loro strada perpendicolare, e non disertano dal loro cammino. Ciò si è veduto col tingere solo una parte dell' acqua confluente al foro. Non però i pazienti saran del tutto inoperosi, riguardo alla deviazione degli altri, che li contornano, verso i lati del tubo. I curvilinei, che han combattuto attorno essi, si son serviti di parte ancora delle loro forze, contro i loro emoli, e lo stesso han fatto gli emoli di ricambio. Di ciò non può esser dubbio pei Fisici, che hanno studiata la composizione, e la risoluzione delle forze. Dunque non sarà sì piccola la forza, con cui le curve rovescie dalla contrazione si porteranno contro le pareti del tubo circolarmente. Qual però sarà l'azione, tale dovrà esser la reazione. Dalle varie circonferenze della vena contratta, in cui si uniscono le curve, si farà un urto, in altrettante sulla parete del tubo, a quell' angolo, che è determinato dalle circonferenze. Dalla parete del tubo, con un angolo di riflessione, prossimamente uguale a quello d' incidenza, per quanto il comporta la celerità, che va acquistando l' acqua, que' filamenti ribattuti andranno spinti parte all' insù verso Hgn, nella risoluzione delle forze, che si fa in H, ad occuparvi dello spazio vuoto, e parte al basso ad empiere lo spazio HAG, e parte coi filamenti più forti a formare un altra contrazione; poichè di nuovo dalla circonferenza del tubo HI saranno respinti, verso il mezzo del tubo E, per le curve HA, IC. E andranno sempre avanzando dal tubo G verso A, finchè loro il consenta il moto de' filamenti interni perpendicolari, i quali, se in complessó accelleran di continuo, si assottigliano eziandio nella loro colonna AC, e lasciano un maggiore spazio GA, CL, tutto attorno alla colonna AC, per nuova contrazione.

III. Questa nuova contrazione, se si ha riguardo alla forza dell' acqua per le curve rovescie HA, IC, deve riuscire del diametro AC maggiore del go, perchè in questo l' acqua ha l' intera sua forza di comprimer la vena, e in quello ne ha gia perduta parte in go, e parte in H. Dunque se l' acqua sarà meno compressa in ACE, il diametro AC sarà più largo di go. Ma se si riguarda alla forza di opposizione, che le curve rovescie troveranno in AC; questa verrà a cresciuta, per la maggior velocità, che ivi auran i filamenti acquistata discendendo; e con questa maggior velocità presentano anche lateralmente una maggiore resistenza alle curve rovescie, ad esser compressi. Ma d' altra parte, per la velocità mag-

maggiore loro accresciuta, si assottiglia la lor colonna, e assottigliandosi, invita le curve rovescie, a vieppiù accostarvisi verso il mezzo E, e a dilatarsi tutto intorno ad essa, e a stringerla, quanto più sapranno. Per questa ragione, la sezione dell'area riuscirà più ristretta della prima.

Or qui pure, in quest'incontro più deciso delle curve colle rette, si fa un azione dell'une contro l'altre, e quelle, che posson cedere son quelle, che debbono sbandarsi. Le curve inverse certamente più deboli saran respinte da' filamenti perpendicolari, coll'angolo combinabile di riflessione, uguale a quello d'incidenza. Tutto all'intorno della circonferenza della colonna ACE, si farà un nuovo rovesciamento in tutte le curve, e dal mezzo E verran di nuovo, e da ogni punto delle concorse in ACE, respinte contro la pareti del tubo inferiore, in varie circonferenze prossime BQDP, ed ecco una seconda contro-contrazione.

Questa seconda contro-contrazione si formerà in maggior distanza dalla seconda contrazione GL, di quel che sia la distanza di questa dalla prima contro-contrazione HI. La maggior velocità, che acquista l'acqua, la minor forza delle curve rovescie, a giugnere alla nuova contrazione, nel che metteranno più tempo, esigono tal maggiore distanza. Così essendo più lunghi i tubi, si faranno nuove contrazioni in essi, e nuove contro-contrazioni, e sempre in maggiori distanze le une dall'altre, finchè (notisi bene) sianvi azioni così forti da produr reazioni, capaci d'altre contrazioni, e contro-contrazioni, e finchè lo permette la lungezza del tubo aggiunto al foro.

IV. Or a comprendere, come le contrazioni, e contro-contrazioni possano allargare la vena, che sorte dal vaso; convien ben fissare in quali casi ciò avvenga. Nello stesso foro non si allarga la vena, se non se diminuendosi l'altezza dell'acqua, il che importa diminuzione nella forza espellente l'acqua dal foro. In diversi fori allargasi la vena, rispettivamente alla grandezza del foro, cioè quanto i fori son più piccoli, come abbiam gia dimostrato. In questi concorrendo, e minori curve, e meno arcuate, cioè meno distanti dal parallellelismo de' filamenti imminenti al foro; meno possono serrare insieme, que', che passan rettamente pel foro, e la vena riesce men contratta. Perchè dunque le contrazioni, e contro-contrazioni possan produrre un allargamento nella vena, o debbono indebolire la velocità nell'acqua trascorrente pel foro, come verrebbe indebolita, per iscemamento di altezza, o debbono impedire, che maggior numero di curve entrin nel foro, o vi entrino con minor curvatura. Or non pos-

possono indebolire la velocità sopra il foro, perchè non possono agire al di là del foro; e se indebolissero la velocità, sotto il foro, nel sito della contrazione; sortirebbe dal foro minor quantità d'acqua, e ne sorte anzi una maggiore. Non posson neppure escluder, dall'ingresso nel foro, le curve avventizie le più rimote del centro, perchè impedirebbero una porzione d'acqua sgorgante. Dunque possono unicamente modificare le dette curve, onde con minor curvità, o con forza minore vengano ad incontrarsi nel sito della contrazione, e con ciò rinserrin meno la vena, e riuscendo questa più grossa, tramandi maggior copia d'acqua, come vedesi avvenire allungando i tubi, a un dato termine.

V. Rimane dunque a vedere primo, come la prima controcontrazione possa, o allargar le curve scendenti pel foro, o scemarle di velocità, onde meno contraggasi la vena. Se la lunghezza del tubo è sì breve, che la contro-contrazione vada a riuscire fuori di esso, come se il tubo finisse in x, y, e la contrazione andasse a formarsi in HI; è patente, che nulla influir potrebbe ad alterare l'acqua scendente per gH (Fig. II). Ma se il tubo finisse in GL, ovvero sopra alquanto di esso; siccome la contro-contrazione prima, occuperebbe, coll'acqua già sortita, lo spazio interno del tubo HAG, ICL tutto all'intorno del tubo stesso; troppo poco campo resterebbe all'acqua sgorgante di seguito, per imitare la sua antecedente. Ad onta di ciò, deve quest'acqua proccurarsi il passaggio pel tubo quasi ostrutto, come fa nelle sezioni più strette de' fiumi. Siccome in queste gonfia l'acqua, e si mette in altezza maggiore, per prender, dalla maggior pressione, maggior velocità; non può a meno l'acqua sgorgante, di non procacciarsi questo usitatissimo suo ripiego. In fatti monterà, come si è sopra avvertito, ad occupare tutto l'imbuto vuoto del tubo, all'intorno della vena contratta, e vi monterà con quell'impeto, con cui la spingerà l'urto della curva rovescia in H, come vedesi nel tubo di vetro, di cui sopra si è parlato. Gonfierà dunque l'acqua fino alla cima, spinta all'insù dalla curva rovescia fino in ng. Quella, che ha men forza, terrà dietro le pareti HG, IL; l'altra più fortemente ribattuta in H, formerà la curva di contrazione HA. Quanto più sarà stretta l'area di tal seconda contrazione, che è la capacità del suo scolo; con tanto più vigore deve alzarsi l'altr'acqua all'insù, cacciatavi dal maggior conato, che farà l'acqua per passarvi, che dovrà comunicare ancora all'insù. Or se le curve ng, mo, e tutte l'altre, che forman la circonferenza della vena contratta, nel lor sortire dal foro, incontran quest'acqua ascendente; certo è, che urtando in es-

sa, o per rimuoverla da se, o per farsi passaggio tra essa, se le ostasse, o per vincerne l' urto nell' incontrarla, devon impiegarvi parte della lor forza, e tanta più, quanto l' acqua impulsa è meno disposta a cedere, e non trova luogo, per cui sottrarsi dall' impulso. Nella ragione in cui l' acqua, che và per le curve, impiega di sua forza contro l' acqua, non sì poca, che la circonda, è così restia a dar luogo, ne perde altrettanta, per formar la contrazione. La vena dunque riesce più grossa, tramanda dunque maggior copia d' acqua.

VI. Questa maggior copia d' acqua mette sempre più in necessità l'acqua, prima sortita, di gonfiare, e per questa necessità con più forza si trova sospinta all' insù contro le curve Ng, mo, e tutte le lor compagne, onde contro essa deve impiegarsi nuova porzione della forza delle curve, e questa detraendosi alla contrazione, la vena deve riuscire meno ancor contratta. Se non che l' abbondanza dell' acqua, che sorte dalla vena, colla forza, ch' essa possiede, e con quella, che le si accresce, e dalla pressione dell' acqua crescente, e dall' impeto, con cui è investita dalle curve ng, mo, deve allargarsi la sezione AGE, onde per essa trascorrer possa l' acqua della vena, e trovandosi l' acqua crescente, al termine della sua salita, che non può trapassare, persevera allora stabile quella tal dilatazione di vena. Riflettendo alle due forze, l' una dell' acqua cacciata all' insù contro al foro, e la vena, che sorte da esso, l' altra della colonna discendente, e che deve passare per la sezione della seconda contrazione AEC; egli è manifesto, che assai minore è quella dell' acqua crescente; rispetto a quella della vena, di quel che sia la forza della colonna AEC, contro l' acqua HAB, ICD della seconda contrazione; e quindi è più facile all' azione della colonna il dilatarsi la sezione AEC, di quel, che all' acqua ascendente di turbar maggiormente la vena contratta. Che se poi, ad una seconda contrazione se ne aggiugnesse una terza, impedendosi vieppiù il corso dell' acqua discendente, si farà un afflusso maggiore all' insù dell' acqua, nello stesso modo spiegato, e ingrosserà la vena ancor di più; e il maggior corpo d' acqua dilaterà la sezione della contrazion seconda, e quella della terza, finchè tutta l' acqua sgorgante trappassar possa per mezzo al tubo, senza ulteriore ingrossamento di vena. Trattanto l' acqua ngH, HAB, MoI, ICD resterà, quasi come morta, e realmente stringerà la capacità del tubo, onde in tubi assai lunghi, non si trasfonderà altr' acqua, che la competente ad un tubo tanto angusto, quanto lo è lo spazio, che resta libero all' acqua dall' ingombro,

bro, fattovi dalle contrazioni, e contro-contrazioni. Or per venire a noi.

VII. Quindi è che nel nostro sperimento col tubo lungo linee 18, si è fatta una sola contro-contrazione, e col tubo di 39 linee, una seconda contrazione. Dal primo, lungo 18 linee, sono sortiti pollici cubici 467, più che dal foro della lastra del diametro di 9 linee. La poca distanza del fine del tubo dal sito della vena contratta, non può aver dato campo alla vena di far altro, che una contro-contrazione, e un buon preparamento per una seconda contrazione, per la quale si è allargata la vena uscita dal foro. Dal secondo lungo 39 linee, cioè più del doppio del primo, sono sortiti 75 pollici cubici di più. Qui la distanza del fine del tubo dal sito della vena contratta era di 34 linee: in questa si è compiuta la seconda contrazione, l'area della quale doveva esser molto minore, per ciò, che si è detto della prima contro-contrazione, e sortir quindi da questa un acqua proporzionata. Lascio a miei Discepoli per loro esercizio di formarè il calcolo, col metodo già destinato, e più volte usato, della larghezza precisa delle due aree, delle sezioni, della contro-contrazione, e della seconda contrazione. La prima corrisponderebbe al di sotto della HI della figura seconda, e la seconda nelle pertinenze della AC.

VIII. Il più scabroso di questo sperimento si è, lo spiegare, come applicando al foro del vaso un tubo lungo linee 108; l'acqua trasfusa, invece di crescere, si è diminuita, ed ha uguagliata quella sortita dalla semplice lastra. Il tubo aggiunto è due volte lungo, quanto l'ultimo applicatosi. E pure, ne' nostri principj, non vi è nulla più facile a spiegarsi, e ciò dovrebbe essere una riprova della validità di essi. Nel tubo tanto più lungo, si è formata un altra contrazione di più, la quale ha prodotti questi due effetti, primo di stringer tanto la sezione della colonna discendente per mezzo il tubo, che non vi può trascorrer liberamente, che l'acqua, che sortiva dal foro; secondo di combinare questa discesa d'acqua in modo, che le curve rovescie anch'esse vi trovino l'esito tanto libero, di non essere più obbligate a spingere all'insù la loro acqua, a molestare le curve della prima vena contratta, le quali, se non sono più molestate, mettonsi sul loro treno, ed operan, come prima operavano. Quindi dal tubo delle 118 linee, deve sortire la stessa quantità, che dalla lastra. Ciò discende necessariamente da' principj stessi, senza il menomo sforzo di raziocinio.

IX. Spiegasi anche di più un altro sperimento, finora inesplicato, cioè, che accresciuta la lunghezza per esempio dalle

dalle 108 linee alle 120, perseveri la stessa quantità di acqua a sortirne, come dalle 108. Ciò vuol dire, che la lunghezza aggiunta non è stata valevole a lasciar formare all'acqua nè anche una nuova contra-contrazione. Essendosi fatto rilevare, che queste si fanno sempre in maggiore distanza le une dalle altre, per la sempre maggiore velocità, che prende l'acqua nel discendere, finchè dalle resistenze pongasi in moto equabile, e che però deve sempre portare più basse le divergenze delle contro-contrazioni, e le convergenze delle nuove contrazioni; per ciò la lunghezza dalle 108, alle 120 linee, non è tale, che entro essa siasi potuto formare niun ulteriore stringimento della colonna discendente, e quindi niun alteramento nella prima vena contratta.

X. Che se, sotto un altezza di piedi 13, da un foro in sottilissima lastra, sono sortiti, in un minuto primo, pollici cubici 607; come poi coll'aggiunta di un tubo lungo linee 7, ne sono sortiti 905; e allungando il tubo d'altre 4 linee, ne trascorsero 6 di meno; e allungandolo ancora di altre 4 linee, 80 di meno? Come, in sì poca lunghezza di tubi, tanta diversità? La ragione è manifesta, nè non ne vengon punto intaccati i miei principj. Le lunghezze de' tubi, che in se sono scarsissime, non sono poi tali relativamente ai loro diametri. L'orificio loro non era che di tre linee. Dunque il primo tubo era due volte e un terzo lungo, quanto largo il suo diametro. Era più corto di quello di 18 linee, a confronto del suo diametro di 9. Come però questo ha potuto ingrossar la vena, con un altra contrazione; con molto più di ragione, l'ha fatto quello di 7 linee. Il secondo, ch'era di 11 linee, era quasi quadruplo della lunghezza del suo diametro. Era dunque quasi ugualmente lungo di quello di 39. E se questo lo eccede d'alcun poco, ciò non poteva portar divario, perchè non lo portò un tubo di 57 linee, riguardo a quello di 39, avendo entrambi tramandata la stessa quantità di acqua: non essendo tutte le lunghezze capaci di dar luogo ad una nuova contro-contrazione. Il terzo tubetto delle linee 13 era quattro volte, e un quarto lungo, quanto il diametro, ed era sei volte, e mezza più lontano, col suo estremo orificio, dal sito della vena contratta, di quello che la massima contrazione di questa, lo fosse dall'orificio della lastra. In tale lunghezza però dimostra, che appressavasi all'effetto del tubo delle linee 108, riguardo alla quantità dell'acqua trasmessa dalla lastra. Scaricando 80 pollici di meno del suo antecessore di 11 linee accostossi più di tutti alla quantità trasmessa dalla sua lastra. E con poco, che fosse stato più lungo, dando campo a perfezionarsi l'altra contrazione,

zione, che aveva cominciata, aurebbe anch'esso ridotta la colonna, discendente pel tubo, alla capacità della vena contratta del suo foro. Non devesi per ciò cercare uguaglianza nell'uno, e nell'altro sperimento. E' già provata la diversità, che devè passare, in ordine alla contrazione, per la diversità de' diametri, e de' fori; ed è da ritenere di più, che la lastra usata nel primo sperimento, era grossa un intera linea, e tramandò più acqua di quella, che aurebbe tramandata, per la lastra, molto più sottile, del secondo sperimento.

LEZIONE XVI.

Negli sperimenti, ne' quali si dice, che la forza dell' urto perpendicolare dell' acqua corrente, non corrisponde alla forza prescritta dalle Teorie, contro una superficie espostavi; si suppone falsamente, che sia perpendicolare l' urto de' filamenti acquei, contra la superficie ad essi esposta perpendicolarmente.

I. Esponsi una superficie solida, come un piede quadrato di legno, od un circolo, contro la superficie corrente di un acqua, di cui si pretende conoscere la velocità; e in varie maniere si determina la forza necessaria, a tenere in equilibrio la superficie urtata, contra la forza della corrente. Sonosi anche ideati dei prismi di base, fatta da un triangolo isoscele, e di legno, e vuoti, che internamente caricandosi di vario peso, lasciavansi trasportar dall' acqua; e volendosi, che ciascun d' essi, in un dato tempo, percorresse 20 piedi, notavasi di quanto peso conveniva caricarli. Dal ragguaglio del peso impiegatovi, e da quello, che a norma della diversa figura dovea impiegarvisi, giusta le Teorie, trovandosi discrepanza; sono accusate le sperienze, di non corrispondere alle Teorie. Nel caso della nostra proposizione si dice, che l' esperienze dan meno di quel, che dourebbero, e che talvolta la forza de l' urto, che si ottiene negli sperimenti, non agguaglia, che la metà della forza, che dourebbe provarsi, giusta le Teorie. Essendo persuasi gli Autori, che l' acqua, nell' atto della sperienza, urti perpendicolarmente, contro la superficie, ch' essa investe; trovando difficoltà tra i risultati delle sperienze, e delle Teorie, accusan le sperienze, d' essere incapaci d' uniformarsi alle Teorie.

II. Or è prima da decidere, se in tali riprovate esperienze, l' urto de' filamenti, contro la superficie ad essi esposta, sia perpendicolare, come il suppongon le Teorie, e sen-

za

za punto esaminarlo, l' han supposto gli Autori, che riprovano le sperienze. Ammettesi, che la forza de'filamenti acquei, che urtan perpendicolari, misurisi dal quadrato della velocità di essi, (che hanno nell' urtar perpendicolarmente, e non gia obbliqui) nella massa dell' acqua, che urta : la onde, se non ogni filamento urtante, ma molti di essi non urtasser perpendicolari, ma obbliqui, e non urtasser colla forza dovuta al quadrato della velocità intero; non aurebbesi alcun diritto d' incolpare, che le sperienze non corrispondano alle Teorie, poichè in quelle non avviene, ciò che queste suppongono. Imperocchè, se non urtan perpendicolari, non imprimon ne' punti urtati tutta la forza dovuta all' intero quadrato della velocità; ma tanta di meno, quanto più si discostan dalla perpendicolare, secondo i seni d' incidenza. E se urtano con forza minor di quella, che vien supposta, qual maraviglia, se, sotto l' urto, la resistenza non corrisponde al quadrato della velocità, che facendosi uguale in tutti i filamenti, suppongonsi con ciò falsamente animati tutti dallo stesso vigore. Di ciò non può nascere il menomo dubbio, essendo tutto conforme alle vere Teorie. È dunque a vedere, se sia possibile, che ogni filamento, cioè tanto quelli, che battono verso il centro della superficie, quanto quelli, che agiscono alle estremità di essa, urti ugualmente perpendicolare, contro i punti di superficie, che investe in linea retta, onde ognuno vi comunichi tutto il suo impulso. Io imprendo avvertitamente l' esame di questi movimenti, per addestrar vieppiù i miei Discepoli alle ricerche, necessarie a ben distinguere, come operi la natura.

III. Può in prima cercarsi, se i filamenti acquei diretti contro una superficie, opposta fermamente ad essi, giungano tutti successivamente ad investire que' punti, contro a quali dirigonsi nel loro corso, onde immediatamente imprimanvi i loro impulsi. Supponiamo, che le prime loro particelle, delle quali compongonsi, battano perpendicolarmente, contro i punti della superficie, ad essi direttamente opposta. Ma perchè le particelle terze acquee degli stessi filamenti, che succedono alle seconde, e le quarte, che succedono alle terze, possan esse pure batervi perpendicolarmente, da un estremo all' altro della superficie, contro cui debbono urtare; egli è necessario, che le prime particelle, che hanno urtato, dian luogo alle seconde, che lor succedono, e le seconde alle terze, e vi dien luogo colla stessa prontezza, tanto quelle, che sono rispettivamente all' insù, quanto quelle, che sono all' ingiù, e tanto quelle, che trovansi a destra de' punti pria urtati, quanto quelle, che giacciono a sinistra, e quanto

to quelle, che stanno nelle diagonali, della superficie urtata. Se alcune fosser più lente, dopo di aver impressa parte della lor forza nell' urto, contra la superficie; sarebbero sollecitate al moto dalle più veloci inseguenti. E quella porzione di forza, che si impiegherebbe da queste, a far disgombrare il luogo, per altra diversa direzione alle più lente, non dovrebbe certo computarsi nell' urto, contro la superficie. E quanto men pronte fossero le prime, a cedere il luogo alle inseguenti, tanti più impulsi riporterebbero da' filamenti, che nel voler anch' essi urtare nella superficie, incontrerebbero l' inciampo di quelle, e contro di quelle impiegherebbero una parte della forza destinata nell' urto della superficie.

IV. Se la superficie urtata pongasi d' un piede quadrato, mentre quella de' barchetti prismatici n' era di più di due piedi; i primi filamenti del mezzo, dopo di aver urtato nel centro della superficie; debbon percorrere 6 pollici per sottrarsi dalla superficie urtata, e lasciar libero il campo alle particelle lor seguaci, che voglionsi supporre non aver perduto nulla di forza nell' urto fatto dalle loro antecedenti, non immediate. Or è egli possibile, che possan sottrarsi da que' 6 pollici, e molto più, se 12, nel brevissimo tempuscolo, che passerà tra l' impulso delle prime particelle, e delle seconde, e delle terze, che si succedono immediatamente, e si toccano? Se anche la superficie fosse quella di un circolo di 12 linee di diametro; non è possibile, che quella particella acquea, che ha urtato nel centro del circolo, snervata di forza, possa percorrerne il raggio, prima che le particelle acquee seguaci alla prima, che ha urtato il centro del circolo, e che trovansi nel lor pien vigore, giungano a fare il loro urto, contro ai punti si loro vicini, a' quali dirigonsi.

V. Se si cominciasse l' esame dell' urto dalle particelle acquee, che corrispondono alla circonferenza della supposta tavola circolare, si potrebbe concepire, che i filamenti, che battono ne' punti, componenti la circonferenza della tavola, urtativi appena, scappasser tosto, come per una tangente laterale, e lasciassero il campo, sul momento, ai susseguenti, d' urtar essi pure, ove, e come i primi han fatto. Ma se ciò è, che sarà dei secondi, andando al centro, prossimi alla circonferenza, se nel luogo delle prime particelle, che han urtato nella circonferenza, succedon quelle, che le seguono, e all' urto di queste seconde subentrano ad urtare le terze, e tutte le posteriori? Non potran gia fuggire i detti secondi filamenti, per la circonferenza anch' essi, come i primi, perchè troveranno occupato il luogo dalle particelle succedenti si de' primi, e i terzi troveranno occupato il luogo dalle parti-

celle de' primi, e de' secondi. Molto più imbarazzati saranno i filamenti acquei, che corrispondono al centro.

VI. Se si facesse anche l' ipotesi, che quelle, che urtano al centro del circolo, con un ajuto di forze combinate, potessero dal centro tradursi alla circonferenza, per dar luogo all' urto delle lor seguaci nella lastra perpendicolarmente; converrebbe al certo, che, o sull' istante sgombrassero da tutta la superficie, per dar luogo alle particelle seguaci di tutti i filamenti intermedj, d' urtare anch' essi immediatamente, dopo l' urto delle prime lor particelle: e qui non è possibile imaginare una forza, che produca un tanto effetto, come instantaneamente; o converrebbe, che le seconde particole, urtanti dopo le prime, esercitassero il suo urto sopra le loro antecedenti, che sfuggono dal centro alla circonferenza. Ma quest' urto sarebbe poi uguale alla forza di quello delle particelle prime; e riuscirebbe esso perpendicolare alla superficie? E come non è nè anche impossibile, che in grazia del maggior soffregamento, che soffrir dovrebbero, nella detta fuga, le particelle più prossime al centro, per accorrere alla circonferenza, vi potesser concorrere ugualmente veloci; così gli urti, che raccogliessero in passando, riuscirebber tutti disuguali, risolvendosi quasi tutti in diagonali diverse. La onde nè non si può pretendere, che l' urto sia perpendicolare al piano, nè che sia pur in ragione de' quadrati della velocità.

VII. Ancora che le particelle prime, che hanno urtato, trovino esito a fuggirsene, dopo aver perduta la loro forza, in comunicandola alla superficie; troverebber poi tutte ugualе agio a sottrarsene, e in tempo acconcio, onde alcune non imbarazzasser, più di altre, le lor seguaci? A ciò converrebbe, che tanto le più distanti dalle estremità della superficie urtata, quanto le meno, vi trovasser l' agevolezza medesima, e v' impiegassero il tempo medesimo. Perchè le più distanti percorressero i 6 pollici nel tempo, che le estreme ne devon percorrere uno o due; converrebbe ch' esse vi fossero spinte da una forza maggiore. Chi può dar loro questa forza? Movendosi la poca acqua, che urta nella superficie con diversa velocità; nella verticale muovonsi più presto le particelle inferiori, che le superiori, perchè le velocità son come le radici delle altezze. Nella orizzontale muovonsi più preste quelle particelle, che sono nell' asse del filone, e men preste quelle, che ne son più lontane. Ma se muovonsi con maggiore velocità; esercitano anche un urto maggiore proporzionato al quadrato di essa, e vi perdono un analoga quantità di forza. Converrebbe dunque, che, col residuo della forza, potessero sgombrar dal loro luogo, senza incontrar l' intoppo

po

po delle compagne laterali più lente. Urtando dunque in queste, che si oppongono alla lor fuga; o auran forza maggiore, o minore. Se ne auran maggiore, urtando di fianco quelle, che vengono ad esse laterali, e perpendicolari al piano, le torran dalla loro perpendicolare, e le faran piegare obbliquamente, e quindi con minor forza, riguardo all' urto. Queste urtate urteranno anch' esse le compagne laterali vicine, producendo in esse lo stesso sconcerto, che han risentito, onde anche le altre tutte non urteran più nel piano con l' energia, con cui aurebber potuto, se non fossero disturbate. Non urterebber dunque, come suppone la Teoria.

Che se vogliasi assumere, che quelle di mezzo, dopo avere urtato, non abbian maggior forza delle laterali; come potran esse sgombrare il sito alle lor seguaci? Come non debbon prendere un moto irresoluto, che non disturbi il progressivo di quelle, e non le privi di parte di quella forza, con cui potrebbero urtare anch' esse, non venendone disturbate da quelle, che le precedono.

VIII. Se si riguarda la diversa strada, che debbon prendere le particelle di mezzo dopo aver fatto il loro urto; si troveran altri motivi di arresto, e di scompiglio. La strada, che ciascuna dopo l' urto dee imprendere, certamente è quella, ove se le affacci minore la resistenza. Ciò è tutto conforme alle Teorie, e alla Sperienza. Or la minore resistenza ad un acqua, che dopo il suo urto vuol fuggirsene, per dar luogo all' urto delle sue seguaci, e per proseguire il suo corso, sarà a quella parte, in cui, o trova minor pressione di altezza d' acqua, o maggior velocità, e per essa maggior invito al corso, o minori moti sregolati, che impediscan meno l' accesso. La minor pressione non si trova, che verso la superficie. Ma i filamenti, che sono alla parte più bassa della superficie, per volgersi all' insù, dourebber vincere la resistenza de' filamenti interposti. Son dotati questi, è vero, di minor forza, perchè animati da minore altezza. Ma il loro numero, ma il loro imbarazzo, in cui per essi trovansi a cercarsi esito, non offrirebber loro certamente la minima resistenza, che cercano. Al di sotto della superficie urtata trovasi certamente la massima velocità; essendovi la massima altezza dell' acqua intoppata, congiunta alla libera. Ma per avervi ricetto, convien, che l' acqua, che vi accorre di sopra, abbia la forza di unirvisi, e di superare la forza dell' acqua libera, che vi domina. E' egli dunque possibile, che un acqua, dopo d' aver urtato in una parte di superficie, distante 6 pollici dal luogo del corso, riguardo ad essa il più rapido, che in altra parte circostante, e dopo avervi perdu-

M 2 to

to tanto di sua forza, sia in acconcio di farsi largo tra filamenti interposti, tanto più celeri, e vigorosi? Tali filamenti inferiori, riguardo a quelli di mezzo, de' quali parlasi, sentendo più degli altri in distanza, la chiamata, per la maggior loro vicinanza, e direzione al sito del maggior corso, per ciò debbon esser forniti di maggior nerbo, oltre quello, che loro aggiugnesi, in trovandosi sotto maggior altezza d' acqua sourastante. Non posson dunque tali filamenti medj, nella descritta situazione, aver esito pronto, nè pure al basso della lastra, ove certamente vi ha minor resistenza assoluta, ma non rispettiva, la sola attendibile.

IX. Può darsi, che lateralmente trovi l'acqua, dopo l'urto, una resistenza minore, quando il vero asse del filone non corrisponda al centro della superficie urtata, ma tengasi, o alla destra, o alla sinistra di esso. E' certo, che la massima velocità dell' acqua corrente risiede nella linea dell' asse del filone, che contiene quello, che chiamasi spirito del fiume. Quanto più gli altri filamenti contigui scostansi da essa, vengono animati da minor velocità. Supponiam, che la superficie urtata in linea orizzontale sia di 12 pollici, e che l' asse del filone batta primo alla metà de' 6 pollici, che vi hanno, dal mezzo della superficie, ad una sua estremità. In tale situazione dell' urto, vi aurà al confine della lastra urtata, uguale velocità. I filamenti, che auran urtato nel mezzo, cioè nel confine de' 6 pollici, presi a destra, e a sinistra, non possono in se contenere niun determinativo, dopo aver perduta nell' urto perpendicolare buona parte di forza, a portarsi piuttosto a destra, che a sinistra. Non senton neppure chiamata maggiore, riguardo all' una, e all' altra parte, essendovi uguale la velocità. Non è dunque possibile, che sgombrin il luogo sì rapidamente, dopo di aver perduto tanto di lor energia, onde non riescan d' inciampo alle particelle loro susseguenti, e non tolgan loro di battere nell' opposta lastra, colla forza intera, che gl' investe, senza doverne perder qualche parte, e di poter agire con tutta la loro energia, se non venisse indebolita, e distratta.

X. Che se il centro dell' impulsione dell' acqua si trovasse 3 pollici dal centro della lastra, più vicino ad una estremità, che all' opposta; proverebbe certamente l' acqua dopo aver urtato in esso, una resistenza minore alla estremità più prossima, in quanto vi dominerebbe corso più veloce, e libero. La strada le sarebbe anche più breve, dal centro di sua impulsione, a questa estremità. Dunque non ugualmente (ecco una nuova riflessione) potrebbe l' acqua dopo l' urto avviarsi alla parte più prossima al suo esito, come alla più ri-

rimota. Dunque, se non facesse essa impedimento nell' accorrervi all' acqua, che le succede, verso una parte, lo farebbe all' opposta, che dourebbe traversare. Questa dunque traversata non urterebbe, con energia uguale all' altra non traversata. Non potrebbe dunque esercitare nell' urto tutta la forza, di cui dovrebbe esser capace, e che falsamente in lei suppone la Teoria.

XI. Ma potrebbe poi l' acqua dopo il suo urto, snervata, come troverebbesi, di energia, potrebbe, dissi, accorrere, dove il flusso maggiore più la invita? Per unirsi a quella, che vi scorre sì rapida, dourebbe trovarvi l' accesso. E come procacciarlosi, se non superando la forza di quella, che ve lo trova libero, e vuol conservarselo, finchè non è astretta a cederlo a una forza prevalente? E d' onde trarrà questa nuova forza, essendosi gia diminuita della prima? A qual parte piegherà dunque quest' acqua impotente a farsi strada, anche alla parte, a cui è tanto prossima? E che farà la più lontana? Se quest' acqua intanto è da se incapace a levarsi dall' intoppo, che la rattiene; verrà alle spalle premuta da quella, che le tien dietro, e sarà da questa sospinta, e rinforzata a trarsi dall' impaccio, in cui è avvolta. Ciò è indispensabile, finchè l' acqua, che le tien dietro, gode dell' intera sua vigoria. Ma se la vigorosa deve occuparsi a sbandare la torpida; potrà quella operare l' uno, e l' altro effetto col vigor medesimo, di sbarazzarsi dall' impedimento al suo progresso, e di urtare nella superficie opposta, come se nulla ostasse al suo moto? Quella forza, che spenderà a sollecitar l' acqua, che si vorrebbe tor d' avanti; non dourà computarsi mai, come intera, come la suppone la Teoria, nell' urto, che non farà, che colla forza superstite.

Nè non varrebbe l' imaginare, che l' acqua conseguente alla prima, che ha urtato, nell' atto di sospinger l' acqua lenta, possa anche, col mezzo di questa, imprimer tutta la sua energia contro la superficie. E' bensì vero, ne' vasi di acqua stagnante, che la pressione delle particelle superiori si comunica, non solo fino al fondo, ma eziandio lateralmente, contro le pareti del vaso, e per ogni verso. Ma qui tutta l' acqua è quieta, qui le pressioni si diffondon da tutte parti, colle uguali ripressioni, e reazioni, perchè le particelle acquee laterali sono sempre in mutuo contatto, e sempre in uno stato di riceverla interamente, e di trasfonderla, quanta essa è. Ma nel caso nostro dell' urto della prima acqua contro la soperficie solida; quell' acqua, oltre il trovarsi a dietro ribattuta, nel fare il suo urto, tende anche lateralmente a spingersi, ove l' esito più pronto la chiama. Qui l' acqua è in mo-

movimento, e verso una parte diversa della direzione, colla quale è sospinta da quella, che ha a tergo. Non potrà dunque comunicare l'impulso nella dirittura, che richiede l'urto perpendicolare. Una parte di questo impulso si risolverà obbiquamente; e ciò anche solo basterebbe ad abbatter la Teoria dell'urto perpendicolare, nè mai l'acqua seguace, col mezzo di quella, che la precede, non eserciterà, contra l'urtata superficie, lo sforzo stesso, che vi farebbe sentire, da se immediatamente, senza l'intoppo dell'acqua intermedia, e a tutt'altra parte determinata.

Se dunque negli sperimenti di questo genere, non trovasi la perpendicolarità di urto, che suppongon le Teorie; perchè si vuol dire; che gli sperimenti opponghonsi a quelle? Tentinsi sperimenti più proprj a farne il confronto. Queste poche riflessioni tratte dal moto naturale de' fluidi, debbon bastare all'intento, risparmiandone altre non disacconcie, che potrebbersi aggiugnere.

LEZIONE XVII.

L'acqua corrente, che urti in una lastra; postale contro perpendicolare, ma in modo, che, dopo l'urto, possa scorrerle dai lati; deve formar da prima, avanti la lastra, un angolo, come solido, d'acqua compressa, e rattenuta, diverso secondo le circostanze; deve per ciò l'acqua corrente urtare obbliqua nei piani, o quasi piani, che formeranno detto angolo solido, e per essi piani sfuggire dalla lastra per ogni parte, per cui trovi il corso meno impedito.

I. Non mancano esempj i più convincenti presentatici dall'acqua stessa corrente, della verità, che si stabilisce. Se una chiavica a traverso di un canale tenga due luci, divise da un muro intermedio, vedesi l'acqua accorrente alle due luci, spingersi al tutto libera per esse, con moto accelerato, assai bene discernibile, ne' fili superficiali increspati, e di crespe sempre più larghe, prodotte dal moto rapido, ed ugualmente discernibile ne' galleggianti sopra l'acqua. Se ove è il corso anche più debole dell'acqua, immergasi una palla di piombo, sospesa da filo sottile, e forte; vedesi non solo trasportata la palla a seconda dell'acqua, ma osservasi il filo anche, arcuato verso la superficie da' filamenti acquei, che in esso incontransi. Ma avanti al piano perpendicolare del muro, dividente le due luci, ne' lati del quale sono i gargami a ricever l'estremità dell'usciara, o de' travicelli da chiu-

chiuderle; l'acqua per buon tratto al davanti di esso muro vi è quietissima. La palla di piombo fatta scendere in dirittura del mezzo del muro, in distanza di varie oncie, e se il muro è largo, di molte più, scende quietamente nell'acqua, senza accostarsi al muro, senza punto oscillare, e senza che il filo, da cui pende, declini dalla sua perpendicolare, come si fosse immerso, entro un acqua stagnante. Dipende dalla larghezza del muro, e dalla velocità dell'acqua per le chiaviche, la quantità di questo ristagno al davanti del muro. Nell'acqua men veloce, il principio del ristagno trovasi in maggiore distanza dal muro, che in acqua più veloce. Così que' tubi comunicanti di cristallo, ne' quali l'impeto dell'acqua, corrente contro la bocca verticale di uno d'essi, fa crescer nell'altro comunicante l'acqua, al di sopra del livello di quella, che corre, sebbene con poca precisione di misura; non ho mai veduta crescer acqua avanti tali muri, sopra la superficie della circostante al tubo. Dunque, avanti al muro, non vi aveva corso d'acqua, capace di pur sollevare alcun poco quella, entrata nel tubo comunicante, che, per ragion d'equilibrio, ponevasi al livello di quella del canale. Così immergendo una lastra attaccata ad una verga in taglio sottilissima a guisa di spada, annessa normalmente ad un braccio di bilancia, non ho dovuto metter nell'altra lance per l'equipondio niun maggior peso, a conservar l'equilibrio, per l'urto, che esercitasse l'acqua nella lastra, o nella verga. Anzi ho dovuto levar dalla lance opposta, quella parte, che corrispondeva al peso dell'ugual volume, d'acqua, a quello, che occupava la verga colla lastra immersa. Da questi fatti chiaramente si conclude, che avanti al muro l'acqua corrente non ha punto di moto, vi è come morta, e non urtavi in niun modo.

II. In maggior distanza dal muro si perveniva ad un punto, o linea, o piccol piano verticale, or più, or meno rimoto, secondo la maggior larghezza del muro, o la minor velocità, dell'acqua scorrente, dal qual punto; che trovavasi dopo varj saggj, se la palla sospesa dal filo non era col suo centro nella perpendicolare, da esso condotta alla metà del muro, essa era spinta alla destra, se il centro della palla più avvicinavasi alla destra, oppure alla sinistra, se a questa era più vicino. In tale situazione formava la palla, col mezzo del suo filo, un angolo colla perpendicolare, indicata da altro filo, più corto, la cui palla non immergevasi nell'acqua, un angolo, dissi, verso il corso dell'acqua, nel punto di sua sospensione, e andava la palla oscillando, e rotandosi alcun poco sul suo asse, or all'una, or all'altra parte, cioè

de-

destra, o sinistra, sopra una linea, che tendeva all' estremità del muro, ove principiava l' apertura della luce più prossima. Per ottenere, che dalla parte destra trasportasse le sue oscillazioni alla sinistra, cioè verso l' estremità sinistra del muro, ove principiava, riguardo al mezzo del canale, la luce sinistra della chiavica; bastava piegare alquanto la mano, che reggeva la palla, alla sinistra, in modo, che l' acqua urtasse la palla nell' emisfero sinistro. Se poi piegavasi di nuovo la mano alla destra, tornava la palla ad oscillare a quella parte. Dunque in distanza dal muro, che divide le luci, la qual distanza varia, come detto è, secondo le diverse lunghezze del muro, tra una luce, e l' altra, secondo le diverse velocità dell' acqua nel canale, trovasi un punto, o linea, o piccol piano verticale, ove il corso dell' acqua si divide, parte a destra del muro, parte a sinistra, e tal punto corrisponde alla giusta metà della larghezza del muro, se questo è perpendicolare al corso dell' acqua, la quale non ha sempre la stessa direzione, ma spesso la cambia per l' erbe, che nascon disugualmente sul fondo, e per gli sterpi, che crescon più ad una parte, che all' altra delle ripe, e per deposizioni, e altre cagioni, spesso variabili. L' acqua però, entro la detta distanza, mostrasi come stagnante, e compone quasi un prisma solido-acqueo, che ha un triangolo isoscele per lo più di base, e i due suoi lati uguali son quelli, che partono dal vertice dell' angolo, che è opposto al muro. Poche volte ho trovata la base d' un triangolo equilatero, al detto prisma acqueo.

III. Il moto dell' acqua corrente del canale, alla sua superficie lasciava distinguere la base superiore del triangolo, o prisma solido d' acqua, che formavasi avanti la muraglia. Vedevasi avanti al muro, in poca distanza però da esso, sulla superficie dell' acqua un angolo formato da due grossi fili, che dalla punta di tal angolo correvano all' una, e all' altra estremità del muro, e formavan chiaramente i lati di tal angolo, e il terzo lato era la larghezza del muro. L' estremità dell' acqua, che correva all' una, e all' altra luce, mentre l' acqua, da essi lati compresa, avanti al muro, stava come immobile, lasciava distinguere i due grossi fili, che col lato del muro formavano il triangolo isoscele della base di sopra del prisma acqueo, come morto, avanti al muro. Or se sui lati di questo triangolo superficiale e isoscele, ponevasi, alla superficie dell' acqua, la palla sospesa dal suo filo; questa formava un angolo di deviazione dalla perpendicolare, il quale era maggiore sempre più, quanto più immergevasi la palla vicina alla luce. Immergendo poi vieppiù la palla sotto il

il lato del detto triangolo isoscele; gli angoli di deviazione della palla crescevano in ragione dell' accrescimento di velocità nata dall' altezza maggiore dell' acqua premente. Se l' acqua sotto qualche altezza era regurgitata; gli angoli di deviazione diminuivano. Se immergevasi la palla non sulla facciata laterale del prisma, ma dentro alquanto il prisma stesso, e a poco a poco accostavasi alla facciata laterale; quando era col suo diametro la palla nel piano verticale della facciata laterale del prisma; allora, rotandosi verso il corso dell' acqua, sortiva dal detto piano, e con sensibil angolo di deviazione mettevasi, quasi osculante il piano, verso la luce. Ma quanto più bassa immergevasi, o tenevasi più presso le luci, cacciavasi entro il prisma, invece di allontanarsene, e con un moto rotatorio verso il prisma assai sensibile nel filo della palla a due colori che si attortigliava. Tutto ciò fa vedere il prisma solido, che fa l' acqua, che urta un muro tra due luci.

IV. Se pongasi una lastra nella corrente di un fiume, e sostengasi contro la forza di esso; può quella rappresentare il muro, che divide le due luci nel canale. Vero è, che l' acqua correrà sotto la lastra, oltre al corrervi ai lati, e scorrerà anche sopra la lastra, se questa sia sommersa a qualche altezza sotto la superficie. Ma come si forma il prisma acqueo contro il muro, tra l' una luce, e l' altra; deve formarsi ugualmente a destra, e a sinistra del mezzo della lastra, per le medesime ragioni, per cui formasi avanti il muro. I lati delle facciate laterali del prisma, avanti la lastra, saran più corti, o più lunghi, secondo le circostanze del fiume, e della lastra. L' angolo opposto alla lastra sarà anch' esso, più, o meno distante da essa, a norma delle stesse circostanze. Ma se si forma il prisma avanti al muro, non v' è ragione alcuna valevole, per cui non ammetterlo avanti alla lastra. Non aurà, è vero, la stessa figura, che tiene avanti al muro, non sarà un vero prisma, nè pur irregolare, ma riuscirà appunto l' angolo solido, o simile ad esso, ch' io dico formarsi avanti alla lastra. E come, in grazia del corso dell' acqua ai lati del muro, si formano i lati del prisma dal mezzo del muro, in qualche distanza da esso, e inclinati verso le luci, ove scorre l' acqua; così, e sotto la lastra, e sopra essa si formeranno altri due triangoli col vertice verso il mezzo della lastra, e colla base dell' uno verso il fondo del fiume, e colla base dell' altro verso la superficie. Non saran questi triangoli tra loro così uguali come le facciate del prisma verso le luci. L' altezza di quello verso il fondo sarà minore di quella dell' altro verso la superficie, per la maggior

velocità, che vi ha sotto, che sopra la lastra, e per la maggiore facilità d'accesso, che troverà l'acqua al di sotto, che sopra la lastra. Per ciò invece di prisma riuscirà l'acqua arrestata, sotto la figura di un angolo solido, che aurà nel mezzo il vertice, fatto da quattro triangoli, che si uniscono in un punto solo: or sarà formato da due triangoli, uno di sopra, l'altro di sotto, e da due trapezj laterali, che vadano ad unirsi coi loro lati più piccoli, tra mezzo le punte del triangoli, e che, secondo i diversi stati d'acqua, cangin figura, e grandezza.

V. Anche avanti ai pennelli costrutti nei fiumi, a ribattere il filone dalla curva, ch'erasi fatta, e tenevasi appiè della botta corrosa, a ribatterlo, dissi, contro la punta dell'alluvione opposta, che troppo rinserra l'alveo, e lo lascia troppo profondare, a ruina della scarpa dell'argine corroso; formasi un acqua morta per molta estensione, che vien detta molente, entro la quale urtando il filone, e non gia nel pennello, formasi, entro essa, una curva, dalla quale svolgendosi, va a ferire, e distruggere l'opposta alluvione, in linea dirittissima della facciata anteriore del pennello, che abbia la debita lunghezza, fino all'opposta acclività dell'alveo, giusta i precetti dell'arte, da me gia stabiliti. Vedesi la molente al di sopra del pennello fin presso la punta, e veggonsi in essa de' galleggianti immobili, e anche retrogradi contro l'intestatura del pennello. Veggonsi solamente de' vortici al piè di essi, se manchino della debita scarpa per impedirli. Così se facciansi pennelli a travi, distanti tre, o più braccia, o meno gli uni dagli altri, con semplici anche, e leggieri graticci, appoggiati d'avanti ai travi, anche bene congiungansi al fondo irregolare del fiume; urta sempre il filone nella molente, fatta dai graticcj, non nei graticcj stessi, che non sarebber valevoli di resistere all'urto del quadrato della velocità di quello, senza fendersi sul momento. Anche in que' pennelli, che una volta usavansi, a pettine, come chiamavansi, cioè di travi, mezzo braccio distanti circa l'uno dall'altro, senza graticcj, che intercludessero il corso all'acqua; il fiume, avanti a ciascun trave, alzavasi notabilmente, per l'urto fatto in essi; ma tenevasi come morto al davanti del trave, fino alla distanza d'un semidiametro circa del trave stesso, e vedevansi chiaramente avanti ciascun trave, alla superficie dell'acqua, due lati di triangolo piuttosto curvilineo fatto dalla corrente col piano anteriore del trave, che dirigevansi ai vacui esistenti tra i travi, e tra questi lati mostrava l'acqua di non avere alcun corso, che superficiale. Nei travi più prossimi al sito del filone, il lato del triangolo, verso il filone,

ne, era più breve, e l'altro più lungo. Cresceva però il lato più breve ne' travi, che si scostavan dal filone. In tutti l'altezza dell'acqua corrente, appoggiata al trave, era più alta, che tra i travi, e vi aveva caduta. Questo era l'unico movimento, che si scorgesse nel triangolo della base superiore, del prisma, o semicilindro acqueo, che appoggiava al trave, pei lati del qual triangolo gittavasi l'acqua al principio del vano tra i travi. La caduta, che vi aveva per essi, andava scemando, quanto più i travi scostavansi dal filone, e l'acqua, col minor moto, vi faceva men urto.

VI. Alla stessa guisa avanti quelle lastre di marmo collocate presso noi alle sponde de' canali irrigatorj, nelle quali lastre trovansi aperte due bocche, con una porzione di lastra intermedia, e con un muro dietro essa, per dividere, e trasmettere le acque alle diverse parti, alle quali son destinate; tra l'una, e l'altra luce, ed anche sotto le luci stesse elevate dal fondo del canale, e due oncie sotto il pelo di esso, stassi l'acqua, come morta, e non si vede scorrere l'intermedia alle luci, che pei lati di un triangolo, fatto dalla distanza tra le due luci, come base, e dai filamenti, dall'interno del canale, come lati, che ha il suo vertice in distanza, tra mezzo la larghezza di questa, tra l'una, e l'altra luce. Al tempo del taglio dell'erbe, se ne arrestan degli ammassi, tra l'una, e l'altra luce, e che pescano anche molto in acqua. Se non si levano appostatamente, vi rimangon lungo tempo, perchè non battonsi punto dall'acqua intermedia alle bocche. Quando l'ammasso è soverchio, e entro l'acqua, che ha moto, questa non lascia di sgombrarselo, lasciando esister quello, protetto dal prisma acqueo, immobile tra le luci. Così ai mulini, che hanno più ruote, e più vasare, distanti l'una dall'altra, non vedesi niun corso d'acqua, se non a certa distanza sulla superficie, nella qual pure per due lati di un triangolo, veggonsi due striscie d'acqua muoversi verso i lati delle due vasare. Così avanti ai pilastri de' ponti sopra fiumi, se non vi son fatti i partiacqua, vedesi l'acqua stagnarvi, come morta, e in modo, che talvolta allignano erbe, e virgulti avanti ad essi, e mentre l'acqua scorre impetuosa lateralmente verso le luci del ponte, l'erbe, che stanno avanti ai pilastri, e ben alte in vicinanza di essi, appajon come immobili. Dunque l'acqua corrente non giugne abattere perpendicolarmente contro i pilastri, e da se si ferma con una sua parte quasi morta, il partiacqua, che sarebbe necessario a scorrere più spedita. A costruir anzi acconciamente i partiacqua alle pile de' ponti; è di mestieri

N 2 pren-

prender regola da quelli, che l'acqua da se stabilisce, ove le mancano.

VII. Non è nuovo, che l'acqua intoppata, cerchi anche di correre all'insù, come si è detto avvenire nel caso della lastra, immersa tutta entro il fiume, nel qual caso deve formare l'angolo solido, col lato del triangolo, divergente verso la superficie del fiume. Ritenuto il principio, ch'essa tende col corso, ove trova minore la resistenza, non solo assoluta, ma rispettiva, a ciascuna delle sue parti; con quella sua porzione, che sente maggior facilità a scorrere ai lati più che di sopra, o di sotto, deve scorrere ai lati; con quell'altra porzione, che abbia maggior facilità, a scorrere al di sotto, che ai lati, deve tendere colà; e se ad altra sua porzione si offra maggior facilità a piegar verso la superficie, è per così dire, all'insù, non potrà astenersi di prender la sua strada, riguardo al nostro modo di esprimersi, all'insù, ma riguardo alla sua tendenza, ove trova maggiore agevolezza, e più di chiamata. In fatti avanti le steccaje, che si fanno a traverso canali di notabile velocità, o avanti le Pescaje, traverso ai fiumi, le quali debbonsi superar dall'acqua, per dar luogo a canali diversivi superiori; i Padri Lecchi, e Frisi han trovate insigni acclività, nella superficie dell'acqua del fiume, e canale, per le quali, a nostro modo di spiegarci, l'acqua ascendeva, per iscaricarsi dal ciglio della Pescaja: ma l'acqua in suo senso, se ne fosse capace, accorreva, come se discendesse, ove traevala la maggiore chiamata. Avanti alle Chiuse, che si pratican per alzar le acque de' canali, ad animar mulini, e pile, ed altri edificj, avvegnachè, oltre le vasare, vi si appongano i vasi morti, e gli stramazzi laterali; anche nell'azion viva di questi, io ho osservato ai Mulini, Pile, e Torchj Cauriani, da me costrutti con una sola ruota, e ora dalle guerre distrutti, ho osservato, dissi, colla livella alla mano, più volte, notabili acclività nell'acqua superficiale nel sormontar le chiuse, o gli stramazzi; e tali acclività incominciar ben lungi dai luoghi d'onde tracimava l'acqua corrente.

VIII. Da queste osservazioni di puro fatto, e dalle prove in tanti casi d'un'acqua morta, avanti le superficie immobili, contro le quali portasi l'acqua; non è possibile approvar l'ipotesi da tanti Autori tenuta, che a porre sperimentalmente una lastra, entro l'acqua corrente, per misurare la forza, che si ricerca a sostenere l'impressione, che dall'acqua si fa in essa, ogni filamento acqueo urti perpendicolarmente in essa lastra; e dalle teorie d'un fluido, che urta perpendicolarmente in un obice, che lo attraversa, si voglia ripeter la mi-

sura

sura della resistenza, che si richiede ad equilibrarne l'impressione; e non trovandosi in pratica, la resistenza agguagliare detta imaginata forza, si possano accusare le sperienze, nelle quali l'acqua non urta perpendicolarmente, come discordanti dalle teorie dell'urto perpendicolare, che suppongono. Ma per istruire i miei Discepoli, pe' quali unicamente io scrivo, nelle maniere fisiche, colle quali unicamente opera l'acqua i suoi effetti; aggiugnerò ancora la spiegazione delle ragioni, per le quali non può l'acqua, che urtare obliquamente, contro le superficie, che, o si oppongono naturalmente al suo corso, o vi si immergono per esperimento.

LEZIONE XVIII.

Come si formi un angolo solido, e un prisma d'acqua quasi morta, avanti i piani verticali di lastre, o muri, esposti all'impeto d'una corrente, onde questa non possa urtare, che obbliquamente contro di esse.

I. Immaginiamo da prima, che immergasi una lastra entro l'acqua corrente, colla parte sola inferiore di essa, e a poco a poco, per conoscere gli effetti tutti, che mano mano deve produrre nel corso dell'acqua, che la investe. Non sì tosto sarà entrata la lastra, entro i primi filamenti superficiali, che intoppando questi in essa, colla forza, che hanno impressa dalla lor velocità; riporteranno dalla lastra una reazione uguale all'azione, che in essa auranno esercitata. Ma come supponsi molto più forte l'azione, da non restar vinta dalla semplice reazione, agirà l'acqua contro la lastra, nella parte, contro cui vi percuote, col residuo della sua forza, e potenza. Ma non potendola muover di sito, come si vuol supporre, a qual parte spiegherà il residuo di sua forza? A quella certamente, ove scontrerà minore la resistenza. Or quella parte d'acqua, che urta nel bel mezzo della lastra, e sentesi lontana ugualmente dalle estremità laterali di essa, onde non poter gettarsi, nè a destra, nè a sinistra; o dovrà spiegare la sua forza all'insù sopra la superficie dell'acqua, e contro il piano verticale della lastra, oppure all'ingiù, sotto il labbro della stessa, che intinge nell'acqua. A qual dunque di queste due parti scontrerà minore resistenza? Se parlisi dell'acqua corrente della superficie, egli è chiaro, che dopo l'urto si spingerà all'insù contro la lastra, con ciò, che le rimane di forza, e tant'alto, quanto il comporti la sua forza, finchè dalla propria gravità, e dalle scabrezze del-

la

la lastra venga ridotta al niente : dopo di che ricaderà di nuovo sulla superficie del fiume . Per la legge d' inerzia, deve l' acqua impellente conservare la sua forza , e in quella direzione , che le è più permessa , finchè da altra cagione estrinseca vengale distrutta. Il moto orizzontale , e progressivo si cangerà in moto di ascesa , come in altri casi, e a tutti visibili, osservasi frequentemente. La prima striscia orizzontale dello strato d' acqua , che urta , e gettasi all' insù , per mancanza d' altro sito, a cui piegare , verrà aitata all' ascesa dalla seconda , che vi succede , e che non può nè pur essa tener altra via ; e la seconda dalla terza , e così successivamente, onde la prima salirà più alto addosso alla lastra , anche per impulso della sua seguace , finchè sia giunta a tale altezza , da cui non senta più l' ajuto dell' altr' acqua , e sia ridotta al zero la sua forza di ascesa.

II. Prevalendo allora la gravità di essa , dovrà l' acqua cadere all' ingiù , e non solo col proprio peso , ma colla forza contratta nell' atto di discendere ; e precipitando sopra quella , ch' era in mossa di proseguire la sua ascesa , obbligherà ancor questa ad arrestarsi , e a ribattere sulla sua seguace . Se però la velocità dell' acqua corrente , che sempre investe la parte di lastra , che intinge nell' acqua , è di una forza prevalente , anche al peso , e all' urto di quella , che le ricade sopra ; seguirà per alcun tratto a rampar sopra la lastra , non ostante la contraria forza , ma minore di quella , che le si oppone nel suo cammino . Quindi si farà un arginello d' acqua all' insù , sopra il pelo della corrente , addosso alla lastra , sul quale cadendo l' acqua , ch' era gia montata , per lo declive di esso , tornera a congiungersi alla superficie diretta anch' essa ad urtare , e con moto contrario al corso di questa , sebbene non valevole a gran cosa molestarlo. Ammassandosi così alcun poco sulla superficie , per farsi una cadente a destra , e a sinistra , non troverà altra via più libera, che di gittarsi ai lati, discendendovi al di sopra dell' altr' acqua , per due piani ad esse parti inclinati . Ecco con ciò formarsi di necessità avanti la lastra un ammasso di acqua , come morta , che appoggiasi tutta in largo alla lastra urtata , che sorge dalla superficie , a modo di trinceramento, o d' argine , e colla scarpa contro il corso dell' acqua , e con un declivio, uguale a un di presso, a destra, e a sinistra. L' acqua segue a rialzarsi , e gonfiarsi , e a porsi in declive ai lati, e contro il corso dell' acqua , finchè col suo peso , che si va ammassando , venga ad equilibrare la forza dell' acqua urtante nella lastra . Fatto l' equilibrio , l' acqua corrente non può più urtare la lastra , perchè non può più montare , nè più

aver

aver esito all' insù. Rimarrà dunque inerte, avanti al pezzo di lastra, che urterà, e la sua massa immobile servirà come di base all' argine, ch' erasi fatto superiormente. Quest' argine prenderà allora il suo declivio alle parti, perchè non vi sarà più acqua montante, che in ricadendo debba scorrere sopra esso: si terrà però, pel traverso, più alto della corrente, sostenutovi dall' urto dell' acqua, che batterà contro la stagnante, al piè immerso della lastra, e non sarà senza la sua cadente, anche contro al corso dell' acqua, perchè questa non saprebbe mantenersi a piombo in un argine, senza la scarpa: il che non sa fare nè pur la terra mobile. Cesserà dunque l' acqua dall' urtare nella lastra nel momento, in cui la prima, che aurà urtato, si sarà sollevata adosso alla lastra in talle massa, e altezza, da contrabilanciare la forza dell' urto dell' acqua scorrente contr' essa.

III. Ma quella, che intopperà nell'acqua gia arrestata, come si è descritto, al piè della lastra, non potendo più progredire rettamente, a che partito si getterà? A quello sicuramente di volgersi, ove scontri minore la resistenza, cioè al di sotto della lastra, ove corre libera l' acqua, che non vi urta. Due difficoltà in ciò dee incontrare, la prima sul modo di piegarvi, la seconda di potervi passare nell' atto, che vi trascorre, e domina quella, che vi passa libera. Ma l' acqua è gia costumata a vincere queste difficoltà continuamente. Nell' urtare in primo luogo, che farà nell' acqua arrestata al piè della lastra immersa, sentendo al di sotto di se scorrer l' altr' acqua liberamente, e provando una chiamata fortissima sotto la lastra, e pochissimo distante, e in linea cospirante col suo primo moto, dirigerà, senza dubbio, la forza, che tiene ne' suoi filamenti inclinati appunto, e quasi parallelli a quelli, che trascorron sotto la lastra, la dirigerà, dissi, contro l' acqua stagnante, e morta, che attraversa il suo corso. Non avendo questa da opporvi, che la resistenza di sua gravità, ed attrazione colle altre particelle; debolissima al paragone; dovrà cedere, e lasciarsi sospingere verso l' esito dell' acqua sotto la lastra. Quanto i filamenti, che urtan l' acqua morta son più bassi, godono di maggior forza, e velocità, che i più alti. Dunque i più bassi caccieran di sito più d' acqua morta, che i più alti. Dunque l' acqua urtante (notisi bene) si verrà formando, nella estremità bassa dell' acqua morta, un piano inclinato verso l' esito inferiore dell' acqua, e fino a quel segno inclinato, col quale accorrer possa anch' essa al luogo della minore resistenza. Seguirà dunque l' acqua a battere, e a urtare in quella, che appoggiasi alla lastra, ma vi urterà in un piano inclinato all' ingiù, e però obbliquamente;

nè

rè non si deve però conteggiar quell' impeto di percossa, come se vi battesse perpendicolare, come contra ogni ragione si vuol supporre in questa controversia. L'altra difficoltà di trovarvi l'accesso nel mentre, che sotto la lastra trascorre l'acqua, che non è punto impedita, colla naturale sua velocità, e nel mentre che quella, che vuol concorrervi, ha gia perduta buona parte di sua forza nell' urto, contro il piano inclinato dell' acqua morta, appoggiata alla lastra; si supera, come vedrassi, facilmente dall' acqua, che vi accorre, attese alcune favorevoli circostanze, che le ne somministrano i mezzi necessarj. Primieramente, accostandosi al suo esito sotto la lastra, lungo un piano inclinato, che vi termina, e che per ciò viene a tagliare il corso dell'acqua libera, e non più a lambirlo parallellamente; in questa circostanza le particelle accorrenti pel piano inclinato, che si presentano all' esito, riescon come d' intoppo all' acqua scorrente libera: e questa come più forte a vincere tale intoppo, per essa debolissimo, le strascina a forza con seco, dacchè le può francamente investire, per la direzione obbliqua, colla quale le si presentano. Passano dunque sotto la lastra, non tanto per propria attività, quanto rapitevi dall' altr' acqua più vigorosa, che non soffre inciampi al suo corso. Per affacciarsi ancora al sito, d' onde esser rapite, giova loro l' altra circostanza dell'altezza, a cui tiensi l' acqua avanti alla lastra, come si è gia dimostrato dover avvenire. Questa fa maggior pressione sulle particelle de' filamenti, che vanno ad urtare nel piano inclinato, che mette all' esito comune, e benchè riesca essa perpendicolare, ha però la proprietà, di agire per ogni parte, e comunicandosi a particelle trascorrenti obbliquamente, che sostentano, si risolve anch' essa obbliquamente, e compensa in qualche parte la forza, che perdon le particelle nell' urto nel piano inclinato. Che se, come è dovere di ammettere, l' ammasso dell' acqua arrestata avanti alla lastra, accresce pressione nel luogo del moto libero; infallibilmente vi accresce velocità. Ecco una terza favorevolissima circostanza. Nel crescere di velocità, vien sempre l' acqua corrente ad assottigliarsi in altezza, passando con tanto maggior massa, quanto è maggiore la velocità. In questo assottigliamento però dell' acqua corrente sotto la lastra, i primi ad accorrervi saranno i filamenti, che batton nel piano inclinato dell' acqua appoggiantesi alla lastra, per esservi ammessi, e poi trasportati dal moto stesso dell' acqua, a cui si attraversano, perchè essi sono i più vicini di quanti possano accorrervi. Ma in tutti questi movimenti dell' acqua urtante, non vi fa niun urto,

se non se obbliquo, e non nè anche nella lastra, ma unicamente nell' acqua, quasi morta appoggiata alla lastra.

IV. Tutte queste operazioni, alle quali l' acqua per sua natura è astretta nelle circostanze in cui trovasi, a sottommettersi qui sopra lungamente descritte, per ispiegare colla possibile chiarezza, vengono eseguite sul momento. Le azioni, e reazioni, l' alzarsi del fluido repulso, i piani inclinati, i declivj succedonsi gli uni agli altri, finchè è stabilito l' equilibrio tra le forze contendenti, e rimangonsi poi nello stato medesimo, finchè le forze perseverano le stesse. Se noi proseguiamo a immergere di vantaggio la lastra entro l' acqua corrente; maggiore sarà il corpo di quella, che urterà nella porzione sommersa, e i filamenti più bassi riuscendo più forti, produrranno un urto maggiore, e quindi a proporzione più voluminoso riuscirà l' argine acqueo, che si innalzerà addosso la lastra. Non sarà l' alzamento però in giusta ragione del maggior urto; converrà detrarvi quella parte, che verrà impedita dal peso maggiore dell' acqua rialzata, che eliderà parte dell' urto. I declivj, verso le parti laterali, e contro il corso del fiume, riusciran maggiori, perchè maggiore sarà l' altezza dell' argine, per la maggior massa d' acqua, che verrà astretta a rialzarsi addosso alla lastra. Il piano inclinato avanti la parte immersa della lastra, riuscirà più breve, e più declive, respettivamente, verso il corso dell' acqua, perchè il ristagno alla lastra sarà con più forza battuto, e nella brevità, e maggior inclinazione del piano inclinato, le particelle ripulse dal piano incontreranno le liberamente scorrenti, sotto angolo maggiore, cioè più attraversante il corso libero dell' acqua, che le rapirà seco più agevolmente. La base dell' argine acqueo contro la lastra, se si riguarda alla maggior forza della corrente, che cozza con esso, dovrebbe riuscire men larga; ma se si riflette alla maggior copia d' acqua, che verrà spinta contra la lastra, che col maggior suo peso comprime la soggetta; colla maggior pressione, comunicantesi a tutte parti, rintuzzerà parte della forza urtante, che non potrà comprimere, e restringere il piè dell' argine, se non in ragione dell' eccesso della sua forza prevalente. La maggior altezza d' acqua producendo maggior pressione, che si esercita, riguardo all' effetto, che può aspettarsene, quasi tutta contro il corso dell' acqua, ajutata anche dalla reazione della lastra, terrà più repressa la forza della corrente, sebbene anch' essa aumentata, e dovrà formarsi maggior base, per la sua sussistenza. Ciò nulla ostante la maggior forza dell' acqua, urtante in essa, oltre al supplire di base, a sostenere la maggior massa dell' acqua sospesa, nell' impiegarsi in que-

ﬅo effetto, non potrà a meno di non diﬅaccare dal piè dell' argine, entro cui urta, un maggior numero di particelle acquee, come morte, traendole con seco, rendendo così più breve la lunghezza del piano inclinato verso il corso dell' acqua libero, che domina sotto la laﬅra. Queﬅa è l' economia, che tiene l' acqua nelle sue operazioni, secondo che si va immergendo la laﬅra, entro l' acqua corrente del fiume, necessarie ad avvenire, e a comprendere l' impossibilità, che l' acqua urti perpendicolarmente nella laﬅra, come debbo provare.

V. Ma veniamo al caso identico degli sperimenti, pel quale sono ﬅate premesse, per disporre la materia, le supposizioni, e Teorie precedenti, tratte tutte dal modo fisico, con cui agisce sempre l' acqua in quelle circoﬅanze. Immaginiamo tutta la laﬅra sotto la superficie della corrente di un fiume così che, dopo che l' acqua ha urtato in essa, possa defluire liberamente attorno pe' suoi lati. In queﬅo caso l' alzamento dell' acqua, che si faceva alla laﬅra, sopra la superficie del fiume, non può aver luogo, trovando esito spedito al di sopra della laﬅra. Ma per abilitarsi l' acqua, che urta nel corpo della laﬅra, varie oncie, sotto il labbro superiore della ﬅessa, a potervisi scaricare al di sopra; egli è necessario, che spinta dall' acqua, che la insegue, prenda una direzione obbliqua allo insù per la lunghezza della laﬅra, tutta quella quantità di acqua urtante, che può aver esito al di sopra della laﬅra. Ecco la necessità di un piano inclinato divergente all' insù, che abbia principio nella massa arreﬅata, da tale diﬅanza dalla laﬅra, dalla quale senta più la chiamata allo insù, che ad altra parte. Quella tutta, tra queﬅo punto, e la laﬅra, che non sentesi chiamata a niuna parte della laﬅra, deve rimanersi, come morta, e formare l' angolo solido. Quella porzione di acqua urtante, che sentirà maggior chiamata ai lati della laﬅra, di quello che sopra essa, si getterà ai fianchi, e nell' acqua morta si disporrà i suoi piani inclinati per accorrervi, e la più prossima, e la meno, i quali piani saranno, or più lunghi, ora più inclinati, secondo le circonﬅanze del corso dell' acqua, e della larghezza della superficie urtata. Alla ﬅessa guisa l' acqua corrente del fiume che urta nell' intoppata, e che sente maggior facilità a scorrere al di sotto della laﬅra, si sforzerà concorrere a quella parte, col suo piano colà verso inclinato. Ecco dunque un angolo solido d' acqua ﬅagnante avanti alla laﬅra, o formato eﬅernamente da quattro triangoli, che abbiano il loro vertice, verso il mezzo della laﬅra, in diﬅanza conveniente da essa, due de' quali saranno i teﬅè descriti,

scritti, e gli altri due i laterali, che si fa l'acqua a correre ai lati, o formato da due triangoli laterali, e da due trapezj, l'uno divergente all'insù, l'altro all'ingiù della lastra sommersa.

VI. Formatosi, e sul momento, questo arresto necessario d'acqua, avanti la lastra; a misura che l'acqua di esso trovi modo di fuggirsene dalle quattro parti libere, che ha d'intorno, sarebbe rimpiazzata da altr'acqua, che si troverebbe nelle circostanze, nelle quali forzatamente si è trovata la prima. Non mancherà pertanto mai l'ammasso dell'acqua morta addosso alla lastra, di quella cioè, che non può seguire il suo corso, in grazia dell'intoppo, che le si presenta, e non può superare. Si appoggierà dunque sempre alla lastra un angolo solido, formato alla superficie urtata, o da quattro triangoli, o da due triangoli, e da due trapezj, ed anche da quattro trapezj, secondo i diversi stati, e le diverse velocità dell'acqua, e secondo le varie dimensioni, e inclinazioni della lastra. Ma sempre, e poi sempre l'acqua corrente del fiume, che volesse urtar nella lastra perpendicolarmente, ne sarebbe delusa, ritrovandovi tra mezzo un arresto d'acqua quasi morta, contro cui solo può sfogare il suo impeto. Ma siccome questo arresto è configurato in modo, che l'acqua, che va ad investirlo, non può urtare, che in piani inclinati, se sene eccettui quella linea, o striscia di superficie, che unisce i trapezj, o i punti d'unione degli angoli de' piani inclinati, nella qual linea, o ne' quali punti l'urto dell'acqua, corrente nell'angolo solido, riuscirebbe per comunicazione perpendicolare alla lastra; così nè l'urto dell'acqua corrente non può riuscire perpendicolare alla lastra, quantunque esposta perpendicolarmente al corso dell'acqua, nè non vi può esser metodo da calcolare, nè l'urto perpendicolare, nè l'obbliquo, non potendosi determinare la figura dell'angolo solido, che s'impianta avanti la lastra. E se ciò è, come si può presumere, che i filamenti acquei urtino perpendicolarmente nella lastra, e come si può desumer la loro forza dal quadrato intero della velocità di essi, esplorata in luoghi perfettamente liberi? E se la resistenza, necessaria all'equilibrio colla forza urtante, trovasi minore del detto quadrato, multiplicato nell'area della superficie della lastra, negli sperimenti, che si son tentati a misurarla; come si può pretendere, che le sperienze non concordino colle Teorie, se non si usano le Teorie, che convengono a quelle sperienze: e se per superficie urtata prendesi quella della lastra, mentre è assai maggiore, essendo infallibilmente la superficie di tutti i lati dell'angolo solido, che ha per base la superfi-

cie; non saprebbe misurarsi. Facciasi colle Teorie giustamente applicate, se è possibile, il calcolo della forza, di che è dotata l'acqua, urtante obbliquamente nella superficie dell'angolo solido; ma si determinino prima le obbliquità de' detti piani, per ritrovare, i seni degli angoli d'incidenza, e i raggj convenienti; e allora si vedrà, che la forza necessaria all'equilibrio non discorderà dalla Teoria acconciamente applicata.

VIII. La maniera, con cui formasi il prisma acqueo avanti ai muri esposti all'urto dell'acqua corrente, si è la stessa, colla quale formasi l'angolo solido avanti la lastra immersa entro il fiume. La sola differenza, che vi passa, consiste in ciò, che non avendo l'acqua urtante altro esito, che ai lati de' muri, restano esclusi nell'acqua morta i piani inclinati, che han luogo al di sopra, e al di sotto della lastra: onde la figura dell'acqua arrestata è quella di un prisma di base triangolare; ma più angusto al basso, che all'alto; perchè tenendo al basso l'acqua maggiore velocità, comprime maggiormente colla pressione l'acqua arrestata, e ne restringe il volume, abradendo dai piani laterali più potentemente maggior numero di particelle, o strati acquei, de' quali il prisma intendesi composto. Contro tale prisma non può l'acqua del fiume urtare perpendicolarmente, se tenga obbliqui i suoi lati, ne' quali urta unicamente, e colla mediazione d'essi poi contro il muro. Ognuno di questi urti si dee risolvere in due, e quindi il perpendicolare resta bene diminuito. Solamente agirebbono perpendicolarmente i fili d'acqua contro il muro, che urtassero nella striscia, che congiunge i due rettangoli, o quasi rettangoli, che forman le facciate laterali del prisma, che anch'esse saran più ristrette, ne' luoghi, ove domina maggiore la velocità. Ma tale striscia non può esser verticale, per ricever l'urto perpendicolarmente, come nè anche avanti le lastre, ma sarà obbliqua, e convergente al basso, ove è maggiore il corso, se non prende anzi una figura parabolica.

VIII. Ma potrà urtar almeno perpendicolarmente l'acqua nella poppa de' barchetti rettangolare, che espongonsi ad esser trasportati dalla corrente? Essi nel loro cammino imiteranno il corso de' sassi, portati giù dai torrenti, che colla lor parte più acuta; o meno ottusa, ma che riesca più pesante, fendon l'onda, e apronsi con ciò più facilmente la strada. Così i barchetti colla lor prora angolare si divideran l'acqua al passaggio, che dovrà riuscir rispettivamente più carica di peso, e per viaggiar dirittamente, e non perdersi in moti rotatorj, e perchè la sottigliezza in quella parte pontu-

tuta vi dà minor volume immerso in acqua, di specifica maggior leggierezza nella materia più scarsa, di è composto nella sua figura, che detrae minor vigore al peso entro postovi, di quel che detrae la poppa di volume tanto più ampio. L'acqua, che deve spingerli, agirà fuor di dubbio, nella tavola rettangolare della poppa, e anche, purchè vi urti, al lor credere, perpendicolare. Ma sarà poi questa tale al corso dell'acqua? Io dico francamente di nò, se non le si dà tale direzione obbliqua, quasi impossibile a determinarsi, che, posta in moto entro l'acqua, riesca perpendicolare in tutti i punti al filone di essa. Imperocchè il piano del fondo del barchetto non può credersi sicuramente parallello alla superficie del fiume, e a suoi filamenti. Verso la punta riuscirà più depresso, e per la maggior agevolezza, che troverà all'immersione, e pel maggior peso, che verso essa rispettivamente agisce, se non usansi gli opportuni rimedj in contrario, niun de' quali veggo a questo fine adoperatosi. Dunque il fondo riuscendo obbliquo all'orizzonte, e più depresso alla punta; riuscirà obbliqua al corso dell'acqua la lastra della poppa, se è stata unita perpendicolarmente col fondo, come sempre avviene, e non dicendosi, che per tale dubbio sia stata posta diversamente. Dunque l'acqua, ancora che urtasse di fronte con ogni suo filamento contro la poppa, non nell'ammasso d'acqua arrestata avanti essa, non vi urterebbe perpendicolarmente. Se ciò non fosse, l'urto maggiore dell'acqua al di dietro del barchetto, dourebbe far di più profondare la punta di esso, e metter la lastra della poppa in una posizione più obbliqua riguardo alla superficie del fiume, e dei filamenti acquei a quella orizzontali.

IX. Egli è vero, che non è qui immobile l'ostacolo all'acqua corrente; ma è innegabile altresì, che tale ostacolo, corre più lento dell'acqua, che la spinge, e che caricasi di peso, e perchè più si affondi, ond'essere investito in una larghezza conveniente di superficie, e perchè non troppo leggiere non secondi pienamente il corso dell'acqua, ma colla resistenza del peso prenda soltanto una data velocità. Il peso del barchetto nuotante, è in complesso sempre uguale al peso dell'acqua, che conterrebbesi nella buca, ch'esso vi forma entro. Al caricarlo di maggior peso, profondasi maggiormente, ed offre all'acqua una superficie più ampla ad essere urtata, e colla sua prora maggiormente immersa dividerebbe maggior corpo d'acqua, se questa fosse nel corso più lenta. Ma il peso del barchetto è già sostenuto dal prisma acqueo uguale al prisma della fossa, escavatasi dal barchetto entro l'acqua. Tutte l'altre colonne, circostanti allo stes-

ſtesso, sono tra loro èquilibrate, ognuna soſtiene la pressione della sua antagoniſta, e il prisma acqueo uguale alla capacità della fossa, ha solo che fare col peso del barchetto. Dunque il corso dell' acqua non deve punto impiegarsi, a vincere la gravità del barchetto, ma solamente a promuoverlo coll' eccesso della sua forza, sopra la resiſtenza, ch' esso trova a muoversi per l' acqua. Se tutto il suo volume agguagliasse in peso un ugual volume d' acqua, sarebbe con queſta della ſtessa specifica gravità; non farebbe, si può dire, che un corpo solo coll' acqua; e se queſta fosse ſtagnante, in qualunque altezza di essa fosse tuffato, vi rimarrebbe coſtantemente. Ma il peso del suo volume è minore di quello d' un ugual volume acqueo, e però vi galleggia sopra. Poca fatica deve dunque impiegar l' acqua a darvi moto. Se una sfera, il cui peso uguagliasse quello di un ugual volume d' acqua, si trovasse in essa sommersa; seconderebbe quella il moto di queſta, senza nè anche esser punto urtata, se non quel poco, che le particelle anteriori son premute dalle loro seguaci, come fosse una sfera dell' acqua ſtessa. Viaggerebbe coll' acqua ſtessa in un sol corpo con essa. Ciò era necessario premettere dalle leggi d' Idroſtatica, a ben intendere le seguenti deduzioni.

X. Ma in queſti sperimenti si vuole, che il barchetto muovasi più lento del corso libero dell' acqua: non deve far di viaggio, che 20 piedi in un tempo prescritto. Potrebbesi in certo modo dire, ch' esso è, che resiſte all' acqua, piuttoſto che dire, che è l' acqua, che lo spinge: ma a vincer la resiſtenza del barchetto, convien, che l' acqua vi impieghi della sua forza. E in ciò fare, urterà poi essa co suoi filamenti perpendicolarmente nella poppa rettangola del barchetto, come si vuol da tutti supporre, senza averne neppur dubitato? E qui pure io dico, assolutamente, che nò. Analiziamo il modo, con cui può l' acqua imprimervi il suo moto. Il barchetto deve andar più lento dell' acqua, tale è il suo deſtino, e quella, che non vi urta, lo oltrepassa di fatti continuamente, e se lo lascia di gran lunga addietro. Quella, che vi intoppa, sentesi al certo arreſtare dalla lentezza di quello, e in ciò di tanto, quanta è la differenza tra il moto spedito dell' una, e lo ſtentato dell' altro. Che effetto produrrà in essa queſto parziale arreſto? Un analogo, senza dubbio, e proporzionale a quello, in cui sentesi quasi del tutto arreſtata. L' acqua opera sempre colle ſtesse leggi, alle quali l' Autor della natura l' ha assoggettata, e tanto ne' piccoli, quanto ne' grandi movimenti. Farà dunque indubitatamente un arreſto avanti alla laſtra, nel modo gia sopra,

in

in ogni circostanza, dichiarato, e dentro questo arresto urterà la susseguente. Ma l' acqua non del tutto arrestata, cercherà anch' essa, come avanti le lastre immobili di farsi strada ai lati, e al di sotto del barchetto di lei più lento, e ciò col solito, e necessario mezzo de' piani inclinati, che formansi avanti la lastra immobile. Non aurà altra differenza, che nella quantità di arresto, che qui sarà minore, e nella diversità de' piani inclinati per le ragioni addotte sopra, che qui militano ugualmente. Ma tale arresto sempre sussisterà, perchè sempre nuova acqua, più veloce si affaccierà alla poppa de' barchetti, e prima che la sua antecedente abbia potuto sgombrar di luogo, piegando ai lati non così brevi, o al di sotto del barchetto. Dunque l' acqua susseguente urterà di forza nell' arresto, e se perpendicolarmente in qualche piccola striccia di esso, per tutto concedere ciò, che si può concedere, non però al certo in tutto esso, cioè a dire ne' piani inclinati. Da ciò, che è detto, tralasciando altre prove, che potrebbonsi aggiungere, invincibilmente si deduce, che non si può usare il calcolo dell' urto perpendicolare dell' acqua, in' siffatti sperimenti, e nè pur quello dell' obbliquo, perchè non si potran mai determinare, nè gli angoli d' incidenza, nè i loro seni. A tutto torto adunque si accusano queste tali sperienze di non accordarsi colle Teorie, come io m' era proposto di far constare.

LEZIONE XIX.

D' una lastra, che facciasi correre tenuta perpendicolarmente immersa, sole tre oncie entro un acqua quiescente.

I. Ammettesi da tutti gl 'Idraulici, e l' ho io pure ammesso, che la stessa forza richieggasi a sostenere in equilibrio una lastra, posta perpendicolarmente contro il corso vivo dell' acqua, come a farvela correre entro nell' acqua morta, colla velocità stessa, con cui l' acqua l' urtava. Se pero i filamenti dell' acqua corrente, che urtavan la lastra, non vi urtavan perpendicolarmente, ma sol di traverso ne' lati obbliqui del prisma, o angolo solido acqueo, che formasi avanti alla lastra esposta alla corrente de' fiumi, o canali veloci; nè pur la lastra, che si fa viaggiare entro un acqua morta, non urterà perpendicolarmente i filamenti acquei, che opponsi al moto della sua superficie anteriore; ma avanti ad essa dovrà formarsi un prisma, o angolo solido d' acqua come morta, che la lastra si spingerà avanti nel suo viaggio per faci-

cilitarselo, e il qual angolo solido colle sue facciate laterali obblique, obbliquamente urterà i filamenti acquei, orizzontali, e tra lor parallelli, che debbonsi cacciar di sito dalla lastra nel suo viaggio. Come debba formarsi, e quale debba riuscire tal angolo, e di quale altezza, anche nel caso, che tutta la lastra immergasi sotto acqua, e facciasi correre per essa; ciò è che si vuol determinare nella Lezion presente, come un seguito delle superiori. A comprender distintamente gli effetti, che il moto della lastra produrrà entro l' acqua morta, si terrà il dettaglio stesso, che si è tenuto colle lastre opposte alla corrente, immergendo poco a poco la lastra, e osservandone gli effetti.

II Immaginiamola da prima immersa nell' acqua per l' altezza di soli 3 pollici, ossia oncie, e immaginiamola di un piede, o sia di un braccio quadrato di superficie, o sia di 144 pollici, o oncie quadrate. I pollici, o oncie quadrate immerse saranno 36; e questi al primo darsi moto, o spinta alla lastra, dovrebbero cacciar di sito 36 altri uguali pollici di acqua morta, quanti oppongonsi al moto progressivo d' un pollice della lastra. A qual parte potran gittarsi questi alla spinta, a cui non posson resistere? Sempre certamente a quella, che lor presenta minore resistenza, e con ciò più facile accesso, con quella parte di essi, che può accorrervi, ai lati, o al di sotto, o sopra la lastra: poichè sarà difficile, che tutti i 36 pollici acquei sospinti possan sortir fuori dalla lastra. Nell' atto in cui vengono sospinti i primi 36 pollici cubici, che toccan la lastra, certamente la stessa spinta col mezzo di essi deve comunicarsi ai secondi 36, che stanno avanti ai primi, e ai terzi, 36, che stanno avanti ai secondi, e a tanti strati perpendicolari grossi un pollice, gli uni appoggiati agli altri successivamente, quanti son necessarj a dar luogo alla lastra, di muoversi per un pollice di suo viaggio. L' interrogazione, che si fa adunque pei primi 36, che appoggiansi alla lastra, ove debbono portarsi; è comune ancora a tutti gli altri strati di 36 pollici, che debbon muoversi per dar agio alla lastra di avanzare un pollice nell acqua morta. Or tutta questa serie de' 36 pollici cubici troverà in parte minor resistenza alla superficie dell' acqua più che altrove. Dunque l acqua spinta dalla lastra viaggiante dovrà in parte accorrere alla superficie della stagnante. Ma è egli possibile, che tutti i 36 pollici cubici, che l acqua spigne avanti a se, nel suo primo moto di un pollice, e con una velocità efficace, possan tutti sgombrar dal sito, che occupano avanti la lastra? Se in un minuto secondo avanza un pollice solo, è egli possibile, che tutti i 36 pollici cubici spinti in questo secon-

condo, scappino dal di sotto, e dagli altri lati della lastra? Collà stanzia un acqua tutta quiescente, che in troppo grande quantità dovrebbe cacciarsi di sito, e da diverse distanze dall' esito. Concediam pure, che la forza ad essi impressa dalla lastra sia capace di vincerne la resistenza. Non basta però la forza, vi si richiede il tempo. Non è possibile, che in un minuto secondo anche i pollici, che trovansi in mezzo alla lastra, possan accorrere alle estremità di essa, massimamente quando sarà tutta immersa, e quando la lastra sarà più grande di un piede quadrato, del quale solo abbiam supposta la nostra. Dunque sfuggirà bensì dai lati quella, che avrà tempo di accorrervi, e in ragion di questa si assottiglierà lo strato bensì de 36 pollici cubici, ma vi rimarrà tutta l' altra, che non potrà fuggirsene, e rimarrà tra la lastra, e tra i secondi 36 pollici perpendicolari, che succedono ai primi appoggiati alla lastra. Questi dunque, che resteranno attaccati alla lastra, formeranno la base dell' angolo solido, e del cuneo, che vediem compiersi in seguito.

III. Or è a esaminarsi, quale sarà la parte de' 36 pollici cubici premuti dalla lastra nel primo suo movimento di un pollice in un secondo, la quale non potrà gittarsi fuori della lastra, e sottrarsi alla sua prigione. Cominciamo dalle 12 oncie, o pollici cubici orizzontali, che trovansi sotto alla superficie dell' altr' acqua. Queste compresse dalla lastra, per secondare il moto progressivo di quella, dovrebbe cacciar di sito le altre 12 oncie cubiche orizzontali, che lor si trovan d' avanti, e immobili. Queste seconde appoggiansi ad altre terze 12, che toccano immediatamente, e queste terze ad altre 12, e così di seguito. Le prime 12 adunque, compresse dalla lastra, trovano, a muoversi orizzontalmente, un numero molto maggiore di oncie cubiche da cacciar di sito, di quello, che trovino al di sopra di esse, ove vi ha una colonna sola di base di 12 oncie cubiche, che lor sopra si appoggia, e che è anche contrabilanciata da altra colonna acquea uguale. Presse dunque le prime 12 dalla lastra, nell' atto di comunicare parte del loro moto alle altre 12, che han davanti, non potranno a meno di levarsi all' insù, sopra la superficie dell' acqua, in quella quantità, che permetta la forza, di che son premute, nel breve tempo di un secondo, che supponiam impiegarsi dalla lastra, a percorrere un pollice nel suo viaggio. Ma ritengasi bene, che se la lastra è immersa 3 pollici, cioè con 36 oncie, non può cacciar le prime 12 all' insù, senza cacciar contemporaneamente le altre 24 inferiori a quella parte, ove meglio il potrà. Tutta l' altr' acqua adunque delle 24 oncie, che in questo breve

tempo non potrà fuggire allo insù, nè alle altre parti, dovrà restarsi, come incarcerata tra la lastra, e tra le altre 36 oncie cubiche, che tiene avanti. Così ai due lati della lastra, l' acqua, che vi è in altezza di sole tre oncie, pressa dalla lastra, obbedendo alla maggior forza, che la caccia, sfuggirà pe' fianchi della lastra, in tanta quantità, quanta potrà aver luogo in un secondo. Sotto poi la lastra, le 12 oncie ultime cubiche delle 36 appoggiatevi, o, se sia lor possibile, si alzeranno verso la superficie; o, essendo la forza, con cui son cacciate, maggiore della resistenza, che lor può opporre la inerzia della stagnante sotto la lastra; si faran luogo per mezzo ad essa, ed anche per un oncia d' altezza verso i lati, per quanto il permette il breve tempo di un secondo. L' altra tutta dovrà dunque rimanere imprigionata avanti alla lastra, e dietro alle seconde 36 oncie cubiche, che formano il secondo strato verticale dell' acqua morta, da muoversi dalla lastra; e chiusa tra queste, come muraglie; seconderà il moto della lastra.

IV. I secondi 36 pollici, o oncie cubiche, che tengono imprigionati dietro a se i primi, saran cacciati da questi, con una forza ben minore, di quella, ch' essi han ricevuta dalla lastra, che han perduta ne' varj moti, ne' quali l' hanno impiegata. Questi secondi 36 pollici molto meno potran evacuare il lor posto, nel tempo di un secondo; perchè premuti con minor forza. Dunque la parte di essi, che rimarrà tra i primi, e tra i terzi 36 pollici, riuscità più grossa di quella de' primi 36, e così sempre più grossa riuscirà la parte, che verrà imprigionata dagli altri 36 pollici, che staranno avanti ad essi, e così mano mano, avuto soltanto riguardo alla forza premente della lastra. Trattanto i secondi 36 pollici cubici, compressi dai primi, prima di lasciarsi imprigionare auran cercato di spingersi allo insù, e agli altri lati della lastra, in quella quantità anch' essi, che aurà loro permesso il breve tempo di un secondo. Dunque alla superficie dell' acqua stagnante, si deve fare un secondo innalzamento d'acqua, oltre il primo, e così un terzo dopo il secondo, e un quarto ec. E come qui ogni alzamento è sempre prodotto da minor forza, che và scompartendosi in altri effetti, così l' alzamento totale aurà una degradazione, dalla lastra verso l' acqua stagnante, che ha d' avanti, pel quale l' acqua appoggiata alla lastra, che sarà la più alta, potrà defluire alla superficie della stagnante. Se siam curiosi a segno di voler ricercare la figura di tale innalzamento d' acqua superficiale, non ci è difficile il rilevarla. L' acqua, che corrisponde nel mezzo della lastra, in tutti tre gli strati di 12 pollici, parallelli

li ad essa; è quella, che trova men esito a sfuggire dai lati; perchè si è la più lontana. Dunque in maggior copia si getterà all' insù, dell' altr' acqua sua laterale, che trova anche esito ai lati della lastra. Dunque l' alzamento deve avere il suo massimo, e il suo apice, in una linea, o striscia di superficie, perpendicolare al mezzo della lastra immersa, orizzontalmente. Dunque dal mezzo della lastra immersa, vi aurà un angolo solido, formato da due piani, che declineranno, verso le perpendicolari ai lati della lastra, e in cui l' unione de' due piani, che lo formano, inclinerà dalla lastra verso l' acqua stagnante, nella linea, sulla quale muove la lastra. Dunque la superficie di tale alzamento d' acqua sarà composta dai piani di due triangoli, ciascun de quali aurà per base la metà della lastra; l' altro lato sarà l' ipotenusa di questi due triangoli, e queste ipotenuse si uniranno nel vertice de' due triangoli, che sarà più, o meno distante dalla lastra, secondo la lunghezza della lastra, e la diversa velocità, con cui venga mossa. Quest' angolo solido, che serve al deflusso dell' acqua, che viene spinta all' insù dalla lastra, poichè ha terminata la sua ascesa, è ancora la base superiore del prisma, o del cuneo acqueo, che si formerà avanti la lastra, e sovrasterà in parte dall' altra acqua. Imperciocchè ciò, che succede alle prime oncie superficiali, deve succedere a quelle, che vi son di sotto, per le stesse ragioni, e in tutta l' altezza della lastra immersa.

V. Siccome, quando l' acqua corrente percuote contro una lastra immobile, si conforma in un prisma, o angolo solido tale, per cui l' acqua urtando in esso possa correre più libera, e spedita al suo destino, come si è veduto di sopra, e ciò per formarsi il partiacqua, che le manca; così quando muovesi la lastra contro l' acqua quieta; questa deve conformarsi in guisa, che la lastra col suo ajuto muovasi, il più speditamente che può, formando un prisma, o angolo solido, al rovescio di quello, che formava, quando l' acqua urtava nella lastra. Allora l' angolo solido faceva da partiacqua all' acqua corrente; nell' altro caso farà di partiacqua inverso, contro l' acqua morta, che deve dividere, per dare il passaggio più libero alla lastra. La maniera, con cui verrà spinta l' acqua dalla lastra, fa conoscere tal angolo solido necessario. Le prime 36 oncie appoggiate alla lastra, auran tutte moto. Ma le seconde 36 antecedenti a quelle non saranno spinte ugualmente, in tutta la lunghezza delle 12 oncie, che ha la lastra. Le prime 12 sfuggiranno lateralmente ai lati della lastra, massimamente le più prossime alle estremità. Il loro moto laterale s' interporrà al moto diretto, che la lastra

esercita contro ai secondi 36 pollici, che succedono ai primi; e come il maggior moto dell' acqua, compressa, si esercita ai lati, ai quali è diretta la sua fuga; così la pressione della lastra, che si deve comunicare tra mezzo al moto dell' acqua fuggitiva, riuscirà meno operativo, ai lati della tavola, contro le seconde 36 oncie cubiche, in ordine allo spingerle avanti, perciocchè quello che consumasi in un effetto, non dee computarsi in ordine ad un altro consocio. Le seconde 36 adunque per esser meno premute, come ora si è detto; a secondare il corso della lastra, sentiran più la resistenza dell' acqua morta, che han davanti, contro cui muovonsi. E questa, nell' opporsi a loro, obbligandole, per sottrarsi alla pressione, di volgersi, ove lor si offre minore la resistenza; le obbligherà a defluire verso i lati della lastra, per poi mettersi al di dietro di essa, radendone i lati, a traversare i quali, troveranno la via gia fatta dalle prime oncie cubiche laterali. Con ciò potranno impiegare maggior parte della lor pressione a sfuggire lateralmente, di quella, che v' impiegano le prime; e quindi, in maggior quantità delle prime, si getteranno ai lati, e la lor larghezza orizzontale, di 12 oncie, sarà più corta delle prime 12 oncie, appoggiata alla lastra. Per la stessa ragione le terze 36, in massa, riusciranno più corte, in larghezza delle seconde, e le quarte delle terze: e in questa maniera si andrà formando, avanti alla lastra viaggiante, l' angolo al prisma, o cuneo acqueo d' acqua quasi morta.

VI. Oltre a questa ragione, ai lati della lastra, che si tuffa nel fluido stagnante, il moto delle oncie laterali delle prime 36, che corrono ai lati della lastra stessa, sottraendosi dalla pressione, di cui sopra si è parlato, tal moto, dissi, sarà più veloce di quello delle susseguenti, perchè prodotto da una pressione, che agisce più nelle prime 36 oncie cubiche, appoggiate alla lastra, che in quelle, che vengon dopo. In grazia di tal moto maggiore, che è, come un contra-corso al moto datosi alla lastra, le particelle estreme, ai lati delle seconde 36 oncie, si sentiranno, come rapire dal moto delle prime, che lor precedono, e per la adesione, che han tra loro le particelle acquee, e perchè sarà quello il sito della maggior resistenza, e trovando la strada aperta dalle prime, vi concorreranno in maggior copia delle prime. Non dovran dunque computarsi più per 12 in larghezza orizzontale, le orizzontali della seconda fila perpendicolare; come si son computate per 12 quelle della prima, ma per esempio di 11. Quelle della terza fila non sentiranno la pressione in largo, che di once 11, da quelle della seconda fila, rimaste

maste 11: e la prima, e l'ultima, della terza fila, sentendosi fatta la strada dalla prima, e dall' undecima della seconda fila, accorreranno ai lati con maggiore facilità, onde agevolmente non rimaranno nè anche 10 in larghezza. Per la stessa ragione, quelle della quarta non rimaranno, nè anche 9, quelle della quinta, nè anche 8, onde verrà così formandosi il prisma acqueo avanti la lastra, col mezzo del quale possa essa trascorrere colla maggior facilità, dovuta alla forza, che spinge, e alla sua larghezza. Avvertasi bene, che le restrizioni delle larghezze, che si son poste in oncie, indicano soltanto la serie a un di presso, con cui succederanno, non mai, che tale debba essere successivamente la lor quantità. La natura, e l'indole dell' acqua, per cedere, e portarsi con più facilità alle parti, richiede d'esser, come tagliata per mezzo, come avanti le pile de' ponti, che non han partiacqua, mettesi l'acqua, come morta, a cunco, avanti esse, per dar più facile il passaggio a quella, che deve transitare sotto gli archi. La ragione per cui si componga in questa forma, si è spiegata nelle antecedenti Lezioni. Anche nei grani, se con una pala si vuol traversare un ammasso, di alcune oncie d'altezza, e di superficie orizontale; la pala formasi tosto, avanti a se, un angolo, come solido, di grano, quasi immobile, che è quello propriamente, che separa il grano, e non la pala; e fa la strada ad essa, a traverso la massa del grano, che così getta da parte, per passarvi tra mezzo.

VII. Esaminiamo anche, che sarà de' 12 pollici cubici, che stanno sotto i primi 12 della superficie, aderenti alla lastra. Questi cacciati dalla lastra con ugual forza, con cui caccia i primi superiori, non potranno aver esito alla superficie, colla facilità medesima, che vi trovano i primi. Ne saranno in parte impediti, e la quantità di tale impedimento sarà uguale al peso de' 12 pollici cubici, lor sovrapposti. Eppure sarebbe necessario, che sgombrassero il lor posto nel tempo stesso precisamente, in cui lo cedessero i primi. Non potendo dunque trovarvi tutta la facilità, che vi hanno i loro superiori, verso la superficie; sarà loro indispensabile il proccurarsela in quella porzione, che potrà staccarsi, in altra parte. E quale può esser questa se non la laterale, a fianchi della lastra. Or è a cercarsi il modo, col quale possano accorrere ai lati della lastra, e quali forze possano ajutarli in ciò, e in quale quantità vi si scaricheranno. Una delle forze sarà positiva, e sarà il peso non solo dell' oncia cubica, che han di sopra, e sostentano, ma il peso dell' alzamento dell' acqua, che si è veduto necessario sopra le prime oncie cubiche sulla superficie. L'acqua laterale, a cui vogliono unirsi, non è

è gravata, che dal peso d'un oncia cubica, o poco più. Quelle oncie cubiche, che corrispondono al mezzo della laſtra, come la quinta, seſta, e settima saran caricate dal peso almeno di due oncie, cioè dal peso della superiore, e da quello dell' alzamento, suppoſto di un oncia crescente. Propagandosi la pressione, anche lateralmente; quelle di mezzo spingeranno a deſtra, e a siniſtra le loro aderenti, cioè le quarte, e queſte le terze ec. verso i lati, e le ultime, al termine della laſtra, spigneran quelle, che lambiscono soltanto la laſtra, e le spigneranno colla ſtessa forza, che esercitan quelle di mezzo, poco meno. Queſta forza essendo superiore a quella, che oppor possano le oncie cubiche, radenti la laſtra; dovrà prevalere, e l'acqua, spinta da queſta forza, dovrà farsi largo tra l'altra morta, che non può contendervi l'ingresso colla resiſtenza della sua propria gravità. L'altra forza, che facilita loro l'accesso ai labbri della laſtra, si può chiamar negativa, in queſto senso, che trova diminuito l'obice, che vi potrebber fare le oncie laterali, fuor della laſtra, colla lor gravità, la qual forza devesi vincere, per cacciarle di sito, e occupare il loro poſto. Al muoversi della laſtra è necessario, che pur pongansi in qualche movimento le oncie laterali, che vengon rase da essa. Non è punto necessario l'internarsi a cercare, di qual sorte sia queſto moto. Al noſtro intento baſta, che sia un moto qualunque. L'acqua ſta troppo in se unita, perchè non possa muoversene una parte, senza che la vicina se ne risenta, e perda la sua quiete. Se ciò non esiggessero le leggi dell'equilibrio, che regna tra tutta l'acqua quiescente, sarebbe necessario ad avvenire, per l'attrazione, e collegamento, che hanno tra se le particelle acquee, notissimo in Fisica. Dunque al percorrer della laſtra, un pollice di viaggio entro l'acqua ſtagnante; i pollici cubici laterali alla laſtra, nell'acqua ſtagnante a deſtra, e a siniſtra, dovran mettersi in qualche moto. Ma quando un corpo è in moto, la sua gravità, diſtratta in esso moto, meno resiſte anche lateralmente. Dunque la forza dell'oncie cubiche transversali quinta, seſta, settima, prementi verso i lati della laſtra, troveranno minor obice, dalla gravità divertita delle oncie cubiche laterali a fianchi della laſtra, per occupare, ed essere ammesse in parte nel loro poſto; non essendo il moto di quelle di tale entità, da poter fare resiſtenza alla pressione delle altre. Dunque le seconde 36 oncie cubiche orizzontali, sotto alle prime 12, nelle tre linee, che occupano, nell'esser presse dalla laſtra, potranno aver accesso ai lati della laſtra, entro l'acqua pria ſtagnante, e vi accorreranno a norma della facilità, che si offrirà loro, nel tempo

po del secondo, per cui si è mossa la lastra, che per ora non consideriam, che questo solo.

VIII. Sono sei le oncie, che dal mezzo della lastra, nella nostra ipotesi, posson gittarsi a destra, e a sinistra. Ciascuna di queste sei, con quale velocità, deve accorrervi rispettivamente? Non sarà inutile l'investigarlo. Qui anche la velocità sarà in ragione della facilità, che avrà ciascuna delle sei, a cacciar di sito le oncie acquee, lambenti l'orlo della lastra. Certo è, che l'ultime delle sei, sentendosi premer anche dalle forze laterali dell'altre cinque più interne, e tenendosi più vicine all'esito della lastra, lo troveranno per esse più facile. Dunque più spedite vi accorreranno, e vale a dire, con maggiore velocità, e quindi in minor dimensione di un oncia, tanto in lungo, quanto in alto, in ragione della maggiore facilità, che loro si offre. E avvegna che tocchi a queste ultime a vincer la resistenza dell'acqua morta, in cui intoppano, per cacciarla di sito, o occuparlo esse, almeno in parte, e con ciò debbon perdere di forza, la forza però, che perdono, non è tutta lor propria, ma dell'altre cinque oncie più interne, perchè la colonna di tutte e sei preme unitamente nell'ultima battagliante: onde sempre rimane all'ultima il vantaggio, d'aver più facile l'egresso, e di meno sentir l'effetto della lastra, se la tocca, o l'effetto dell'attrito, che si comunica orizzontalmente alle altre, se ne sono lontane. Le penultime più rimote, della lunghezza di un oncia, avran minore facilità all'esito, da cui saranno di un oncia più distanti, dunque vi auran minor chiamata, e nello scaricarsi in ugual tempo, che le ultime, converrà, che tengansi col lor volume, più alto dell'ultima; così le antepenultime delle penultime, e le quinte delle quarte, e le seste più delle quinte. Ecco un altra ragione, per cui dalla metà della lastra debbon formarsi, non solo alla superficie, ma si può imaginare anche internamente, tanti piani inclinati dalle oncie compresse dalla lastra, verso i lati della stessa, e questi piani debbon congiugnersi nel mezzo della lastra, e debbon formare un angolo solido tra loro, siccome quello, che formasi alla superficie, gia superiormente descritto.

IX. L'ultime 12 oncie più basse, che trovansi appoggiate al fine della lastra immersa, vengon da essa spinte ugualmente, come le altre 24 della seconda, e prima fila, ad esse sovrapposte. Queste oncie più basse, per dar luogo alla lastra, che vuol invadere il loro posto, a qual parte meglio si volgeranno? Esse pure a quella, ove loro opponsi minore la resistenza. Trovandosi in situazione d'aver sopra di se due altre oncie d'acqua, colla giunta di quella, che deve sollevarsi

varsi superiormente, addosso alla lastra, per volgersi all' insù; dovrebber vincer la resistenza delle tre e più oncie d'acqua sovrastante, e quel che è più, compresse dalla forza, con cui muoversi la lastra, e che non possono sgombrar dal luogo, ove sono, per ciò, che di sopra si è fatto vedere. Or la lastra, nel primo muoversi di sito, e nel comprimerle, fa loro un sensibile invito ad accorrere, come potranno, nel sito da essa abbandonato. Il moto stesso della lastra ne induce un altro in quelle oncie, che le stavan di sotto, e facilita loro l'accesso per la minor resistenza, che queste gia in moto le oppongono. Vero è, che le 12 oncie, sotto alla lastra, esercitavano contro essa quella pressione, che avrebbero impiegata contro una colonna, colla quale prima equilibravansi, e che loro è stata tolta, quando sopra di esse si è immersa la lastra. Questa azione all' insù contro il fondo della lastra equivale al peso di 36 oncie cubiche d'acqua, giacchè altrettanto era il peso, col quale eran premute dalla colonna, che loro soprastava, e contro la quale reagivano con ugual forza, come è notissimo in Idrostatica. Ma quelle due forze uguali si elidevano insieme, e, in ordine ad ogni altro effetto, eran come nulle. La lastra facendo dunque le veci della colonna mancante, elideva la reazione, che da quelle esercitavasi contro il piano inferiore della grossezza della lastra: e di mano in mano, che la lastra si muove avanzando in suo camino, succede al di dietro di essa una colonna simile alla parte della lastra, che si è mossa avanti, e questa fa equilibrio con quella parte di sotto, che non urta più nella lastra, ed elide la reazione, che esercitava, contro la parte della lastra, che le era sopra. Nel suo primo viaggio di un oncia, la lastra, non solo ha abbandonata una parte di colonna sotto di se, della quale, prima del suo moto, sosteneva la reazione, ma facendosi sopra, colla sua parte d'avanti altra porzion di colonna, uguale a quella, che ha lasciata colla sua parte di dietro, riceve anche la reazione sotto di se di quella porzion di colonna, sopra cui si è messa, e che la esercitava contro una parte di colonna d'acqua, appoggiata al davanti della lastra. Dunque, o la lastra stia ferma; o si muova, sempre, col piano inferiore della sua grossezza, fa equilibrio colla reazione della colonna, a se soggetta. Dunque la reazione della colonna soggetta alla lastra è uguale perfettamente alla reazione di qualunque pari colonna, entro l'acqua stagnante, che abbia sopra di se un uguale colonna acquea. E siccome la pressione, e ripressione in un altezza uguale a quella, in cui trovasi immersa la lastra, non pone niuna resistenza al movimento orizzontale, o dell' acqua,

qua, o d'altro corpo posto in quella profondità; così la reazione della colonna, sotto il piano della grossezza della lastra, non ha da porre maggiore impedimento alle 12 oncie, che trovansi sotto all'estremità della lastra, a potervi passar di sotto, di quello, che a passar sotto un egual colonna tutta d'acqua. Se si trattasse però nel passarvi sotto l'acqua, che dovesse sollevar la lastra, nol potrebbe fare in niun modo, come sollevar potrebbe un ugual volume d'acqua, perchè questa potrebbe cedere all'insù, e alle parti, mentre la parte inferiore della lastra non può prestarsi a niuno di questi movimenti. Ma se si consideri, che non è la forza dell'acqua, che debba superar la resistenza della lastra, ma che è la lastra spinta con forza prepotente, che deve superare la resistenza dell'acqua, e obbligarla a passar sotto alla lastra; si dovrà convenire, che non resistendo l'acqua avanti alla lastra; quella, che è vicina al fondo di essa, non può trovar luogo più facile da fuggirsene, che al di sotto della lastra, ove non ha niun moto contrario da vincere, e dove è cacciata da una forza superiore. Le oncie poi, che sono alle estremità della lastra laterali, troveranno anche esito lateralmente, come si è sopra dimostrato delle altre poste in uguale situazione.

X. Veduti gli effetti della compressione dell'acqua, fattasi dalla lastra, nel primo tempuscolo, che l'abbiam detto minuto secondo, del suo movimento, contro l'acqua stagnante, convien conoscere gli effetti della stessa compressione negli altri tempuscoli. Sembra a prima vista, che se nel primo tempuscolo ha la lastra cacciata di sito una determinata porzione d'acqua, delle prime 36 oncie cubiche appoggiate alla lastra, e delle seconde, e terze, che lor succedono; nel secondo tempuscolo ne debba cacciare altrettanta, o poco meno; nel terzo altrettanta, e così di seguito. Ma se pel primo tempuscolo, ha trovata l'acqua compressa, tanto di resistenza, da non poterne sfuggir di più dai lati della lastra, di quella, che è fuggita; è evidente, che nel secondo, e nel terzo tempuscolo, (rimanendo la resistenza stessa contro una pressione uguale a quella del primo tempuscolo, anzi pur facendosi maggiore la resistenza, per l'alzamento, che deve far l'acqua laterale, al moto della lastra) non potrà sortirne dagli strati perpendicolari compressi, niuna maggior quantità di quella, che è sortita dalla prima compressione. Nulla non giova, che si rinuovi la forza prima, acciocchè l'acqua sfugga dalla compressione in cui è stata posta; è necessario, che diminuisca insieme la resistenza, che l'ha ritenuta nel primo tempuscolo. Ma questa resistenza da una parte rimane sicu-

tamente la stessa, perchè sempre nuova acqua alzasi alla superficie, avanti alla lastra, nel moto di questa, e quella, ch' erasi alzata, pei piani inclinati dell' angolo solido, che formasi alla superficie, va sgolando lateralmente, e inferiormente sulla superficie della stagnante, verso i lati della lastra, dappoichè in ogni tempuscolo si deve rinovare l' espulsione dell' acqua delle 36 oncie, verso la superficie, e mantenere l' altezza dell' innalzamento fattosi nel primo tempuscolo, e ai lati sommersi verticali della lastra rimane la prima resistenza nell' acqua laterale, che ha impedito alla prima acqua compressa uno scarico maggiore. Da altra parte qui, a questi lati, si deve accrescer anche l' altez a dell' acqua, da quella laterale, che il moto della lastra obbliga a salire all' insù, non avendo luogo più facile, ove rifuggiare. Dunque l' angolo solido, o il prisma, o cuneo acqueo, che formasi al primo moto della lastra avanti a se, deve perseverare lo stesso negli altri tempuscoli, e conformarsi a quella figura, che sia la più congrua a dividere l' acqua stagnante, onde, per mezzo di essa trovi la lastra la massima facilità al suo viaggio. Se facciasene lo sperimento, con qualche pezzo d' asse, nel mezzo di cui configgasi perpendicolarmente una lunga pertica, che impugnata da principio vicino alla lastra, e immersa nell' acqua, facciasi scorrere entro quella dalla ripa di qualche peschiera, o stagno, col promuovere la pertica; vedesi patentemente formarsi alla superficie, avanti l' asse, un angolo solido coi piani inclinati, che lo compongono, appunto alla descritta maniera, e verso i lati dell' asse, e verso anche la direzione del moto, che si dà alla lastra.

LEZIONE XX.

Della lastra stessa, che facciasi correre perpendicolarmente entro un acqua stagnante, e immersa tutta sotto essa.

I. L' esperimento, del quale si vuol dimostrare la non corrispondenza colle Teorie, si fa con una lastra immersa tutta sott' acqua, e che si fa muovere con una velocità, pretesa equabile, entro un acqua stagnante. Nello sperimento primo della lastra immobile, esposta ad un acqua corrente, cercasi determinare, quanti piedi percorra l' acqua nel sito, ove si porrà la lastra, entro un dato tempo, per esempio di un minuto primo. Se in tal tempo si scopre, che l' acqua percorra 30 piedi, si fa muovere una lastra entro l' acqua stagnante,

te, con tale precisa velocità, che in un minuto trascorra 30 piedi. Valutata la forza, che impiegasi, a far correre la lastra colla velocità di 30 piedi al minuto, si fa il calcolo, quale resistenza dovrebbe oppor l'acqua nell'ipotesi, che la lastra urtasse perpendicolarmente ne' filamenti dell'acqua stagnante: e tal forza si desume dal quadrato della velocità, cioè 900 multiplicato nella superficie della lastra, che si fa correre per l'acqua. Dunque si dice, che dovrebbe impiegarsi una forza di 900 multiplicato nella superficie della lastra, perchè questa corresse entro l'acqua stagnante, con una velocità, che le faccia trascorrere i 30 piedi in un minuto. Imperocchè, se un acqua, che percorre 30 piedi in un minuto, urtasse perpendicolarmente in una lastra, vi vorrebbe la stessa forza, a tener ferma la lastra, onde non fosse mossa dall'acqua, e le due forze di percossa, e di resistenza si uguagliassero. Ma dalla sperienza si ricava, che a far correre una lastra entro un acqua stagnante colla velocità di 30 piedi al minuto, molto minor forza si richiede di quella di 900 multiplicato nella superficie della lastra. Dunque si conclude, che la forza, che si usa nello sperimento, discorda molto da quella, che deducesi dalle Teorie, che suppongono l'urto perpendicolare de' filamenti acquei, che deve espeller di sito.

II. Nella Lezione superiore si è veduto, che se la lastra immergasi, solo tre oncie, entro l'acqua; la porzione immersa formasi avanti a se un angolo, o prisma, o cuneo solido d'acqua, come morta, col quale obbliquamente urta ne' filamenti acquei, a separarli, e farsi luogo tra essi. Dobbiamo ora vedere, se succeda lo stesso, quando tutta la lastra è immersa sotto l'acqua, e si fa viaggiare per essa. In questo caso la lastra, che noi supponiamo di 144 oncie quadrate, percorrerà, in un secondo, un mezzo piede, se in 60 secondi ne percorre 30, come abbiam supposto. Un piede cubico contiene 1728 oncie cubiche, cioè 12 volte 144, dovendosi multiplicare la base del piede quadrato per l'altezza, per averne la solidità del piede cubico. Dunque, in un secondo, la lastra dovrà espellere di sito 864 oncie cubiche, e dalle parti, e sopra, e sotto di essa, mentre in quel secondo percorrerà mezzo piede. E se 6 oncie, o sia mezzo piede, percorre in un secondo; in quanto tempo percorrerà un oncia del suo viaggio? Egli è chiaro, che la percorrerà in una sesta parte di secondo, cioè in 10 minuti terzi. E in 10 minuti terzi, quante oncie cubiche dovrà cacciar di sito, se in un secondo ne deve cacciare 864? Egli è pur chiaro, che la sesta parte di 864, cioè oncie cubiche 144. Or se nel viaggio

 di

di un oncia, non può cacciare di sito 36 oncie, come si è fatto vedere nella Lezione superiore, per le stesse ragioni non potrà cacciarne di sito 144, quantunque la forza, con cui sia spinta la lastra, sia quadrupla di quella, che premeva le 36. Dunque nel tempo de' 10 terzi, dovrà farsi un arresto d'acqua imprigionata, avanti la lastra, che non potrà fuggire dai lati di essa. Ecco la base del prisma, o angolo solido, che si genera avanti la lastra, anche quando è tutta immersa entro l'acqua stagnante, come porta lo sperimento.

III. E' superfluo il cercare, a qual parte potrebber fuggire le 144 oncie compresse dalla lastra, nel primo tempuscolo de' 10 terzi. Se parlasi dell'acqua, che trovasi nel mezzo della lastra, ha 6 oncie d'acqua d'attorno verso ogni parte, e più verso gli angoli; ma verso la superficie vi han di vantaggio quelle oncie d'acqua, sotto le quali è immersa la lastra. Queste, colla lor pressione, sono però equilibrate con altra colonna uguale. Dunque non sono di maggior impedimento all'acqua, più prossima alla sommità della lastra, e compressa da questa, di gettarsi all'insù. Premute dunque dalla lastra le più prossime alla superficie della lastra stessa, correranno all'insù, e in ragion della forza, che le preme, saliranno anche al di sopra della superficie dell'acqua a formarvi un alzamento proporzionato alla forza, che le carica, e (già parlasi della superficie dell'acqua), a formarvi una specie di base di angolo solido. Le seconde 144, che stanno avanti alle prime attaccate alla lastra, saranno anch'esse premute, ma con minor forza delle prime, perchè la forza della lastra si è impiegata nel moto verticale di quelle, che sono state spinte all'insù, e quindi in minor quantità si comunica alle seconde 144. Queste dunque si solleveranno alla superficie, meno delle prime: ed ecco proseguire, con buon ordine, il piano inclinato superiore di un angolo solido, la cui base si è cominciata dalle prime 144. Le terze si solleveranno anche meno delle seconde, e le quarte meno delle terze, onde in fine si verrà a formare un angolo solido galleggiante, men alto in verità di quello, che formavasi addosso alla lastra, quando era, sole tre oncie, immersa nell'acqua, ma che avrà le stesse somiglianze, e sarà anch'esso formato da due piani inclinati l'uno alla destra l'altro alla sinistra. Molte belle particolarità mi sono offerte da quest'angolo solido galleggiante, che a viva voce farò conoscere a miei Discepoli, e che anch'essi studiandovi sopra per un dotto trattenimento, potran non difficilmente scoprire. Ma tralascio di più estendermi in esso, per trattare di quello, che for-

formasi avanti alla lastra, e impedisce l'urto perpendicolare de' filamenti in esso: non essendo l'altro, si può dire, che momentaneo, finchè l'acqua della lastra compressa sale in sù.

IV. A ben conoscere come formasi quest' angolo solido, avanti la lastra; oltre il dato certo, che le seconde 144 oncie cubiche, vengon dal moto della lastra men premute delle prime, e le terze men delle seconde, e così di seguito; convien ben ritenere, che le oncie tutte laterali, premute colle altre, dalla lastra, e che non possono sgombrar di sito avanti ad essa, debbon transitare, nel moto, che loro darà la lastra, tra mezzo un acqua morta, che premerà contro esse, in ragion diretta dell' altezza, e colle quali ha l'adesione, ed attrazione, che hanno insieme le particelle acquee. Ciò posto, secondo ciò, che è detto nel numero superiore, le seconde 144 oncie men premute, mandando minor acqua all'insù, e agli altri lati, che le prime; meno in totale si assottiglieranno, privandosi di minor quantità d'acqua. Dunque le 12 orizzontali, men premute ai lati, che le prime, contro l'acqua stagnante; avranno minor forza, da resistere all' acqua lateralmente morta, tra la quale devon transitare, cacciate dalla lastra. Quindi lateralmente una maggior parte ne verrà rapita dall' acqua laterale, e facilmente le seconde 144, che sono in 12 file orizzontali, di 12 oncie l'una, si ridurranno a modo di dire, a 11, e le terze a 10, e così discorrendo, fino a formare l'angolo solido, che faccia da partiacqua inverso. Vero è, che, se si riguarda alla pressione della lastra, riuscendo questa più debole nelle oncie, che forman l'angolo solido, quanto son più lontane dalla lastra; vero è, dissi, che in minor quantità tramanderanno acqua lateralmente, quanto più son lontane dalla lastra. Ma se ne mandano in minor quantità, ne mandano eziandio con minor forza: la onde la resistenza dell' acqua morta laterale, che esse debbon dividere, ne staccherà dall' altre, e trarrà seco una maggior quantità, quanto meno avran di forza, cioè quanto più saran rimote dalla lastra. E tanto più, che quanto meno han di forza, debbon fare, a sì dire, maggior fatica, dovendo, col maggiormente assottigliarsi a cuneo, divider l'acqua morta: ed è certo, che il cuneo fa maggior forza alla punta. Alla maggior azione, che devono usare alla punta, deve corrispondere una maggior reazione nell' acqua morta, che andrà sempre più assottigliandola, finchè giunga a quella figura, che meglio divida l'acqua, e provi la minor resistenza, dalla parte dell' acqua morta. Ecco come, di necessità, deve formarsi avanti alla lastra l'angolo solido, separatore dell' acqua

qua morta. Ed ecco, che i filamenti tutti dell' acqua morta, che urtano in quest' angolo solido, urtando nei lati obbliqui, che lo compongono, vi urtan tutti obbliqui, e non mai colla forza, che vi eserciterebber contro, se vi urtasser perpendicolari. Ed ecco, che la forza, con cui si spinge la lastra, deve riuscir molto minore di quella, che da la Teoria.

V. Nel comprimer la lastra le 144 oncie ad essa immediatamente appoggiate, come spinge le 12 superiori al di sopra di se stessa, così deve spingere le 12 inferiori pel di sotto di se. Le seconde 144, e le terze, per le cose dette, verran cacciate con minor forza. Per comprender bene la ragione, per la quale le oncie cubiche, cacciate fuori dalla lastra per la pressione di essa, debban passarvi al di sotto, non è a cercarsi, qual forza esse abbiano a passarvi sotto, ma piuttosto qual forza abbia la lastra a costringervele. La lastra trascorre un mezzo piede al secondo, come si è supposto. Se mentre essa percorre questo mezzo piede, le oncie cubiche cacciate massimamente le più rimote, cioè quelle che compiono il mezzo piede di lunghezza nel viaggio della lastra, non avessero forza, che di trascorrere un oncia in un secondo, mentre esse fanno quest' oncia, la lastra ne ha trascorse 6, e già se le è lasciate a dietro di un oncia. Il passar dunque sotto alla lastra, dipende più dalla velocità, e forza della lastra, che dalla forza, che abbian le oncie cubiche, espulse, a passar sotto essa. Nel mentre che la lastra percorre questo mezzo piede, e divelle, si può dire, le oncie espulse dalle altre, quelle, che rimangono, resteran nel piano medesimo, e nell' estremità della lastra. Così faranno le altre mentre la lastra percorre l'altro mezzo piede, e tutti gli altri, le quali servon di base a quella parte d'angolo solido. Dunque la base, e il lato inferiore dell'angolo solido, sarà al livello del labbro inferiore della lastra. L'acqua però alla punta di questo cuneo acqueo, assottigliata dalla maggiore resistenza dell' acqua, che fa alla punta del cuneo, troverà nella sua base, o lato inferiore, ed anche nel superiore una maggior resistenza dalla parte dell' acqua stagnante. Questa leverà, e al di sotto, e al di sopra, cioè alle estremità delle basi, verso la punta dell' angolo, un maggior numero di particelle, perchè l' angolo della punta va sempre crescendo, in divergenza de' lati, verso la base. Per ciò le due basi, o lati superiore, e inferiore dell' angolo solido, d' acqua, come morta, debbon convergere l' una con l' altra verso la punta.

VI. Rimane a considerarsi, se l' angolo solido, che formasi avanti alla lastra, ne' modi già spiegati, e che riesce un vero prisma, o un cuneo, che ha per base la superficie

dell'

dell' acqua urtante l' acqua morta, abbia anche i due lati superiore, e inferiore, de' quali si è parlato, o sia i due triangoli, che li formano, tra loro uguali, cioè se sia un vero prisma, o cuneo regolare. E' certo in Idrostatica, che quanto è maggiore l' altezza dell' acqua, d' altrettanto è maggiore la pressione, ch' essa esercita. Se la lastra, larga gia 12 oncie, col suo labbro superiore, fosse 12 oncie sotto la superficie dell' acqua, la pressione dell' acqua sul labbro della lastra, e nella sua orizzontale, sarebbe di 12 volte 12, oncie 144, quante se ne troverebbero sul labbro della lastra, e contro il labbro inferiore, sarebbe del doppio, cioè 288. Potrebbe sembrare ad alcuno, che la pressione, che la lastra esercita contra l' acqua stagnante al labbro suo superiore, dovesse riuscir più energica, di quello che 12 oncie più basso, cioè al fine della lastra, perchè al labbro superiore, l' acqua di essa premente non trova nell' acqua soprastante, che il peso in ragione, come di 12, e al fine della lastra lo trova come 24. Ed essendo uguale la ripressione della lastra, contro l' acqua morta, tanto alla sommità della lastra, quanto alla base di essa, cioè di 12 sopra, e di 24 sotto, sembra, che trovi minor resistenza dalle 12 dell' acqua morta, alla sommità della lastra, che dalle 24, alla sua base, e che quindi debba cacciar avanti a se maggior acqua all' insù, e lateralmente. Se ciò fosse, la base superiore del prisma acqueo dovrebbe esser più piccola, che la base inferiore, ove per lo maggior peso dell' acqua, da muoversi di sito, dovesse trovare maggior resistenza ad espeller l' acqua, e sotto, e lateralmente, di quello che alla base superiore. Ma se si riflette, che quantunque sia maggiore il peso, e la pressione dell' acqua, alla base inferiore della lastra di 144 oncie, di quel che sia alla base superiore; questa maggior pressione però è contrabilanciata da colonne d' acqua uguali, e, per così dire, elisa, tanto alla base superiore del prisma, che a l' inferiore; si comprenderà, che questa maggior pressione, al fine della lastra, che alla sua sommità, non può nulla influire a far si, che maggior quantità d' acqua compressa esca al di sopra, che al di sotto della lastra. Se ciò è, non vi è alcuna ragione, per cui maggiore quantità d' acqua compressa in ragione di tal differenza di peso, esca al di sopra, che al di sotto della lastra, e per cui debba esser men larga la base del prisma acqueo, alla superficie della lastra, che al termine più basso di essa. Per questa ragione sarà dunque regolare.

VII. Questo è ben differente, quando l' acqua corrente urta nella lastra tenuta ferma, o quando urta contro un muro,

ro, che separa due chiaviche. La velocità maggiore, nelle parti più basse, applicasi immediatamente contro il prisma acqueo, che formasi avanti alla lastra, o avanti al muro. L' azione dev' essere maggiore, ove è maggiore la velocità. Quindi deve staccare dal prisma acqueo un maggior numero di particelle, ove la velocità, e la forza abradente è maggiore, e assottigliare il prisma più al basso, che all' alto. Ma nel caso, in cui la lastra muovesi contro l' acqua stagnante, la maggior altezza d' acqua, se produce maggior pressione, questa è elisa dalla ripressione d' altra colonna uguale, a destra, e a sinistra della lastra, nè questa non urta più l' acqua al basso, che all' alto, e non può nulla influire a restringere più, o meno il prisma acqueo, a diverse altezze, nelle quali la forza della pressione, riguardo a restringere il corpo del prisma avanti la lastra, è nulla. Dunque il prisma acqueo, avanti alla lastra sarà regolare nelle sue facciate laterali, che saran tra loro uguali. Le basi di sotto, e di sopra non saran parallelle, ma però uniformi, ed ugualmente convergenti l' una coll' altra, poichè la maggior pressione della maggiore altezza d' acqua in tutti i siti, verrà sempre contrabilanciata da uguali colonne acquee. Dunque il prisma d' acqua, quasi morta, che si formerà, avanti la lastra viaggiante per mezzo l' acqua stagnante, sarà nel descritto senso regolare, e i filamenti acquei della stagnante, che urteran perpendicolarmente in esso, saran que' soli, che urteran nella striscia, o piccol piano perpendicolare, che unirà i lati, che formeran le facciate laterali dell' angolo solido. Tutti gli altri filamenti adunque dell' acqua morta, urtati dalle facciate, agirano obbliquamente nella lastra. Quindi il calcolo dell' urto perpendicolare non può convenire in questo sperimento.

LEZIONE XXI.

Dell' angolo del prisma acqueo, il più confacente a divider l' acqua, e stagnante, o che corre contro una lastra.

I. Convien premettere una riflessione, congrua anche alle cose stabilite nelle Lezioni superiori, cioè, che volendosi determinar la forza necessaria a promovere una lastra, non del tutto immersa entro un acqua stagnante, a paragonarla colla forza necessaria a sostenerla entro un acqua corrente contr' essa, e contro un uguale superficie; vi deve essere una differenza tra le due forze, non discendente da alcun principio, che si faccia entrare nel calcolo a determinare tal forza, ma dal-

dalla sola diversità dell' acqua urtante, oppure urtata. In fatti quando l' acqua urta nella lastra tenuta ferma in equilibrio contro lo sforzo di quella, alzasi essa addosso alla lastra, avanti la quale formasi la base del prisma acqueo, entro cui obbliquamente urta poi l' acqua. Ma nella distanza poi dalla lastra, ove formasi la punta dell' angolo solido del prsima; l' altezza dell' acqua appoggiata alla lastra, ivi è minore, pel declivio, ch' essa si forma a defluire alla superficie della circostante, e si può colà riputar la superficie dell' acqua, al suo vero livello. La dove, quando la lastra spingesi a traverso della stagnante; tutta quella, che si addossa al davanti della lastra, e forma la base dell' angolo solido, che la precede, a divider l' acqua al passaggio più facile della lastra; tutta quell' acqua, dissi, conservasi all' altezza stessa, adosso alla lastra, perseverando nel viaggio continuo della lastra la ragione stessa, che obbliga l' acqua stagnante a sollevarsi addosso alla lastra. Dunque la lastra viaggiante deve da principio vincer la resistenza ancora di quest' acqua stagnante, se vuol progredire nel suo corso. Dunque la forza, che impiegasi a promuovere la lastra, non solo deve superare la resistenza del acqua stagnante, per mezzo di cui deve viaggiare, ma superar deve il peso dell' acqua, che sollevasi dalla superficie e forma la base superiore del prisma gia di sopra spiegatosi, al davanti della lastra viaggiante. Io sono persuaso, che nel calcolo fatto della resistenza, che oppone l' acqua stagnante alla forza, con cui si fa muover la lastra, non siasi punto conteggiato il peso dell' acqua, che appoggia alla lastra, al di sopra della superficie dell' altr' acqua, come non si conteggia nel calcolo dell' acqua corrente contro la lastra, tenuta ferma contro lo sforzo dell' acqua. Ma la precisione del calcolo dimanderebbe, che fosse contemplata, quando viaggia la lastra per l' acqua, non del tutto tuffata in essa.

II. Da varie sperienze fatte da Alambert, Condorcet, e Bossut, si può argomentare qual angolo del prisma acqueo avanti, o dopo la lastra può essere il più acconcio a divider l' acqua stagnante, al più facile passaggio della lastra, a traverso di essa, o a divider la corrente pel suo più facile passaggio ai lati della lastra. Facevan essi correr l' acqua d' un fiume, o d' altro canale, contro un prisma vuoto, di legno, ch' era formato con quattro assi, una delle quali serviva di base inferiore, triangolare di esso; due altre assi formavan i due lati, e l' angolo, che dovea essere esposto al corso dell' acqua, e una terza asse formava il terzo lato del prisma, che doveva contenere led peso necessario allo speri-

mento. La base inferiore di questo prisma era sempre il piano di un triangolo isoscele. I due lati, che formavan l'angolo opposto al corso dell'acqua, eran sempre uguali tra loro, ma ne' varj sperimenti sempre di diversa lunghezza, e la lunghezza si prescriveva dall'altezza, che davasi al piano del triangolo, che serviva di base al prisma, cioè dalla linea condotta dal vertice dell'angolo opposto al corso dell'acqua, e che dovea dividere l'acqua urtante, condotta, dissi, perpendicolarmente da esso alla metà del lato opposto, che è la base del triangolo isoscele, che si usava negli sperimenti. La lunghezza di quest' altezza del triangolo si andava accrescendo di 6 pollici, dall' uno all' altro sperimento. Quest' altezza accresciuta produceva due effetti; il primo che allungavansi in proporzione i due lati uguali del triangolo isoscele; il secondo, che l'angolo del prisma ligneo esposto al corso dell' acqua, andava sempre diminuendo. Coll' allungarsi i lati del triangolo isoscele, è chiaro, che un maggior numero di punti di essi lati, che eran rettangolari, venivano esposti ai filamenti dell' acqua corrente, ed è altresì manifesto, che i filamenti acquei, che urtavano veramente in essi, vi facevano un angolo d'incidenza col lato inferiore del triangolo, sempre più grande, e col lato superiore, verso l'angolo dividente l'acqua sempre più piccolo.

III. La prima altezza della base del prisma ligneo, o sia del triangolo isoscele, che la formava, fu di 6 pollici, in altro sperimento di 12, nel terzo di 18, nel quarto di 24. nel quinto di 30. La base del triangolo isoscele, o sia del prisma ligneo, che facevasi viaggiare, era costantemente lunga 24 pollici. Con questi dati, è facile da trovare, in ciascuno degli sperimenti, la lunghezza de' lati uguali nel triangolo isoscele, e la grandezza dell' angolo, che opponevasi al corso dell' acqua. La lunghezza del lato, in cui da ciascuna delle due parti urtava l'acqua corrente, era l'ipotenusa di un triangolo, i cui cateti sono cogniti. Nel primo sperimento il cateto, che formava l'altezza, era o 6 pollici il cui quadrato è 36; l' altezza era 12, il cui quadrato è 144. Dunque il quadrato del lato del triangolo isoscele era 180, e la sua lunghezza tra i 13, e 14 pollici. Nel secondo sperimento l'uno, e l'altro cateto era di 12 pollici; dunque il quadrato di ciascun d'essi era 144, dunque il quadrato dell' ipotenusa, ossia del lato destro, e sinistro, in cui urta l'acqua era di 288. Dunque la sua lunghezza 17, pochissimo meno. Nel terzo sperimento, il cateto era dell' altezza di 18 pollici, e il quadrato dell' ipotenusa 468, e il lato di essa, e della sua corrispondente era di quasi 22 pollici. Nel quarto sperimento,

to, il cateto dell' altezza era 24 pollici, e il quadrato dell' ipotenusa 720; dunque la sua lunghezza quasi di 28 pollici. Nel quinto sperimento, il cateto dell' altezza essendo 30, il suo quadrato è 900, che, col quadrato dell' altro cateto, dà per quadrato dell' ipotenusa 1044, che vuol dire un lato maggiore di 32 pollici. Ecco la lunghezza dei lati uguali di ciascuno de' triangoli isosceli,

IV. Con questi dati, è facile il determinare gli angoli alla base, e al vertice di questi cinque triangoli, colle solite regole trigonometriche, e coll' ajuto de' seni, e delle tangenti degli angoli. In due maniere si potrebbe credere di pervenire all' intento; la prima di cercar gli angoli al vertice, e alla base di ciascuno de' due triangoli rettangoli, che formano insieme la base del prisma viaggiante; l'altra di cercare a dirittura l' angolo intero del vertice del prisma. Ma per determinare quest' angolo intero, tutto in un colpo; non si ha cognito niun angolo del suo triangolo intero. La dove prendendo la metà di esso, dividendolo in due triangoli rettangoli, si conosce l' angolo retto di ciascun d' essi, e i due cateti, che lo formano, ed anche il lato opposto all' angolo retto: onde in più maniere definire, e l' angolo al vertice, e alle basi. La più facile è quella di determinare l' angolo al vertice di ciascuno de' due triangoli, in che dividesi la base del prisma, conoscendo i due cateti, che forman l' angolo retto. Trovato poi l' angolo al vertice, in uno de' due triangoli, tra loro uguali, sottraendolo da 90, il complemento al 90 darà l' angolo alla base d' uno de' due angoli, che sarà uguale all' omologo dell' altro. Il problema adunque, in tutti questi sperimenti, si riduce a questo: dati in un triangolo rettangolo. I due cateti, che forman l' angolo retto, trovar l' angolo acuto, opposto alla base di quel triangolo. Sciogliendo questo problema, come lo scioglie Beldor nel suo corso di Matematica, alla Prop. IV. del calcolo sui triangoli rettangoli; si fa, riguardo al primo problema, questa proporzione; se l' altezza di 6 pollici di ciascuno de' due triangoli, che dividon la base del prisma, dà l' altro suo cateto di 12; l' altezza, o il seno totale 100000, che lato, o sia che tangente darà, per la metà dell' angolo alla punta del prisma? Multiplicati i due termini di mezzo, e il prodotto 1200000 diviso pel primo termine 6, dà la tangente 200000. Questa presa dalla colonna de' gradi (notisi bene), che superano i gradi 45, dà 64 gradi. Se si prendesse dalla colonna de' gradi, che sono al di sotto de' 45, si avrebber gradi 11, e minuti 11. Questo sarebbe un assurdo, perchè contro il lato minore si troveria un angolo maggiore, che contro un lato

maggiore. Ciò vaglia a rinfrancare i precetti della Trigonometria. L'angolo dunque della metà di quello, che forma l'angolo del prisma, che fende l'acqua, essendo di 64 gradi; l'intero sarà di 128, e maggiore di un retto di 38 gradi. Nel secondo sperimento, facendo l'analogia, se 12 dà 12; 100000 che darà? diviso il prodotto 1200000 de' termini di mezzo, pel primo termine 12, si ha la tangente 100000, che corrisponde a 45 gradi. In questo caso, l'angolo intero del prisma era un angolo retto, entro cui batteva l'acqua. Nel terzo sperimento correva l'analogia, se 18 dà 12; 100000, che darà? diviso il prodotto de' medj 1200000 per 18 primo termine, si ha la tangente 66666, che corrisponde all'angolo di 33 gradi, e minuti 40: onde l'angolo intero del prisma, battuto dall'acqua, sarà di gradi 62, e minuti 20. Nel quarto sperimento è l'analogia, se 24 dà 12, 100000 che darà? Dando 500000, questa sarà tangente di un angolo di gradi 21, e minuti 49: onde l'angolo del prisma, in questo sperimento, era di 43 gradi; e 8 minuti. Gli angoli alla base dovendo essere uguali, perchè il triangolo è isoscele; sarà ciascuno la metà di ciò, che manca ai 180 gradi. Si ricorrerà a questo numero per saper gli angoli, che occorreranno.

V. Viaggiando dunque il prisma, si è determinato, con qual angolo in ciascuno degli sperimenti veniva investito dall' acqua o corrente più di esso, perchè col peso, di che caricavasi, veniva astretto a non percorrere, che una porzione de' piedi, che in un dato tempo percorreva l'acqua. Or è a vedersi con quali de' varj angoli, che opponeva all' acqua, meglio viaggiasse, e con maggior facilità. A determinar ciò, convien riflettere alla diversa quantità del peso, di cui dovea caricarsi in ciascun degli sperimenti, affinchè il suo corso fosse di 20 piedi in un determinato tempo: e conviene argomentare così. Il peso di cui caricavasi, era diretto a far sì, colla maggiore resistenza, che opponeva allo sforzo dell' acqua impellente, che non oltrepassasse nel dato tempo i 20 piedi di suo cammino. Se trovavasi il prisma men pesante; era trasportato più velocemente dall' acqua, che gli faceva percorrere un numero maggiore de' piedi 20. Dunque il minor peso faceva correre il prisma più velocemente, e con facilità più grande, non però cercata nello sperimento. Quando dunque il prisma era men gravato di peso; il corso dell' acqua agiva meno contro esso, che quando il prisma era più gravato; perchè in quest' ultimo caso, il corso dell'acqua dovea vincere una maggior resistenza, cioè del maggior peso, che non aveva luogo negli altri casi. Vero è, che il prisma nuotante è sempre sostenuto dall' acqua, sia esso caricato di

poco,

poco, o di molto peso. Il maggior peso lo fa immerger di più, ed escavarsi una maggior fossa nell' acqua; e il peso dell' acqua, che conterrebbesi nella fossa, uguaglia sempre esattamente il peso del corpo da essa sostenuto. Con tutto ciò egli è manifesto, che un battello poco caricato traesi facilmente con una fune da un uomo solo dalla ripa; mentre, quando è molto carico, quantunque sia ugualmente sostenuto dall' acqua, richiede la forza di più uomini, o cavalli, ad esser condotto. E tanto è vero, che il prisma, benchè sostenuto dall' acqua, quando è carico, fa maggior resistenza all' acqua corrente, che non può darvi, in grazia appunto del peso, che una porzione della sua velocità; mentre quando è più leggiero, ve ne comunica una molto maggiore, e talvolta tutta intera. Ciò è necessario ben marcare. Osservando poi, qual era l' angolo del prisma, sotto il quale dovea caricarsi di minor peso; risulterà, qual era l' angolo, sotto il quale il corso dell' acqua agiva meno nel prisma nuotanto, facendogli percorrere i 20 piedi nel tempo stesso, in cui li percorreva, quando era caricato di maggior peso, e vi impiegava maggior quantità di forza, per ottenere lo stesso effetto. E allora, se esercitava il corso dell' acqua una maggior forza; da che poteva trarla? Non gia dalla sua velocità, che si suppone uguale in tutti gli sperimenti; dunque dalla sua maggior applicazione al prisma più pesante. E questa maggior applicazione della forza, come poteva farsi, se non dipendentemente dall' angolo più congruo del prisma, a ricevere maggior quantità di forza, e ad impedirne una maggior dispersione? Dal maggior peso adunque, che il corso dell' acqua sempre invariabile, si spingeva avanti nel prisma nuotante; si può dedurre, qual era l' angolo migliore nel prisma, a ricevere l' urto dell' acqua, o immediatamente, o col mezzo della giunta d' altro angolo solido d' acqua come morta, che si disponesse avanti l' angolo del prisma.

VI. La difficoltà consiste ora nel determinare, qual era l' angolo del prisma, sotto il quale l' acqua esercitava maggior forza, e nel decider poi, se l' azione dell' acqua si propagasse, entro il solo angolo ligneo del prisma, o se avanti esso, sene adunasse una porzione d' acqueo, entro cui meglio agire. L' azione dell' acqua nel prisma non è principalmente diretta a comunicarsi ad esso, per promuoverlo in grazia di detta forza; ma piuttosto a cercarvi un esito più pronto, che possa ottenersi, dall' intoppo, che le si presenta. E' però a vedere, se quando l' acqua si è trovato quest' esito il sia allora, che faccia maggiore, o minore impressione nel prisma, oppure prima di aversel o procacciato. Sembra, che avendo tro-

trovato un esito facile, ai lati del prisma, meno applichi la sua forza ad esso; e al contrario, che quanto più stenti a disbarazzarsi dall'ostacolo del prisma, tanto più vi tenga la sua forza occupata, e applicata. Ma l'acqua non può attendere a questi due effetti separatamemente. A misura che trova l'intoppo, cerca di levarselo. Ne' primi urti, non potendo si prontamente la forza dell'acqua risolversi ai lati, egli è chiaro, che una maggior porzione se ne trasfonderà nelle pareti del prisma, per eccitarlo al moto. Ma l'acqua urtante, che per ciò non ha facile l'esito ai lati, si comporrà tosto in quell'angolo solido, che manca, affinchè le dia l'esito cercato, al quale unicamente aspira. Quest' esito però non potrà essere uguale in tutti gli sperimenti, de' quali trattasi, essendo in essi diversa l' inclinazione, e la lunghezza de' lati urtati, che forman gli angoli del prima, tutti diversi ne diversi sperimenti; e non potendo, addosso di essi, formar l'acqua urtante, un angolo acqueo supplementario, uguale in ciascun d'essi, nol permettendo, nè la lunghezza, nè l'inclinazione diversa, con cui questi ne forman l'angolo. Dunque in questi angoli, ove lo potrà, supplirà l'acqua corrente, colla giunta di una porzione d'altro angolo solido d'acqua quasi morta, come si è spiegato di sopra. In quelli, ne' quali non vi avrà luogo a farvi niuna giunta, scorrerà l' acqua lungo le pareti de' loro lati, come meglio potrà, facendo in essi quella sola forza, che sarà dalle circostanze richiesta.

VII. Ma sicuramente, avanti quegli angoli del prisma viaggiante, ove avrà più a faticare, per l' arresto maggiore, che vi trova, o per formarsi un angolo solido al davanti, oppure a sbarazzarsi dagl' intoppi dell' angolo del prisma, più opponentisi al più facile deflusso; in quelli, dissi, dovrà impiegare più forza, perchè la forza dell' urto men facilmente scappa da essi, e vi rimane di necessità più lungamente almeno applicata. Se ciò è, nel primo sperimento dovrebbe l' acqua esercitare maggiore sforzo, e nell' ultimo sperimento, lo sforzo minore. Nel primo i suoi filamenti urtano in due piani della punta del prisma, che fanno tra loro un angolo di 128 gradi. Ciò vuol dire, che, se si accrescesse tale angolo de' due piani, di soli 62 gradi; il piano, ch' essi formerebbero, contro cui cozzerebbe l' acqua, non farebbe niun angolo, e riuscirebbe perpendicolare al tutto alla direzione de' filamenti orizzontali di essa. L' urto però dell' acqua in primo luogo dovea essere il più forte, perchè il più prossimo al perpendicolare. Il partiacqua in secondo luogo, che trovava l' acqua in quell' angolo, era sì poco acconcio al facile deflusso dell' acqua, ch' essa se lo sarà accresciuto, come fa avanti alle pile de' ponti, se è troppo scarso: in modo però

di

di combinare lo sforzo suo maggiore col deflusso contemporaneo più facile. In questo sperimento in fatti l'acqua spingeva il prisma col maggior peso, di cui si fosse caricato, ch'era maggiore eziandio del calcolatosi, di una vigesima parte dell'intero. Nel secondo sperimento l'angolo del prisma, contro cui batteva la corrente, era di 90 gradi Avrebbe dovuto creser di 90 perchè il piano urtato dall'acqua fosse perpendicolare, alla direzione de' filamenti. In questo sperimento il peso, di cui caricavasi il prisma nuotante, era poco più della metà del peso nel primo, mentre la diversità dell'angolo, contro cui urtava l'acqua, non era nè pur di un terzo. In sì poca diversità dal piano perpendicolare, la forza dell'acqua s'era perduta, o altrove divertita più della sua metà. Nel terzo sperimento, l'angolo del prisma essendo di 67 gradi, e 20 minuti mancava di 112 gradi, e 40 minuti, per divenire un piano perpendicolare al corso dell'acqua; e il peso, di cui dovè caricarsi il prisma, fu poco più della metà sola del peso nel primo sperimento. Dunque contro un tal angolo, che differiva dal primo di soli 60 gradi, e 40 minuti, più però della metà, la qual è di 56 gradi, e 20 minuti; la forza dell'acqua era calata di una metà. Il decremento adunque della forza, che spiega l'acqua contro il prisma viaggiante, non è in ragione del decremento, degli angoli, che il prisma le presenta, dal piano perpendicolare. Convien dunque dire, che avanti agli angoli del prisma, si formi un altr'angolo di acqua morta, a cui si proporzioni il decremento della forza.

VIII. Lo spazio dell'acqua percorso era sempre lo stesso ogni 17 secondi, e mezzo. La diversità dunque del peso, di cui gravavasi il prisma ne' diversi sperimenti, non può ripetersi dalla diversa forza assoluta dell'acqua. Dunque soltanto dalla rispettiva, che non poteva nascere, che dalla diversità degli angoli, contro a' quali urtava l'acqua, e dalla diversa lunghezza delle superficie urtate dall'acqua. Vero è che quanto è maggiore il peso, di che è gravato il prisma; questo immergesi più entro l'acqua, e però l'acqua, che urta in esso, urta in una superficie più ampia, di quella, in cui urti, quando è caricato di un minore. Ogni oncia di maggior immersione del prisma, in grazia del maggior peso, importa 24 oncie quadrate di superficie di più, che viene urtata. Ma ciò non toglie, che non sia maggiore la forza impiegata dall'acqua, nel promuovere il prisma, quando questo è caricato di più. La forza, che impiega l'acqua, nel promoverlo, non dipende dalla maggior sua altezza contro la superficie urtata. La pressione di questa maggior altezza è elisa dalla ripressione di uguali colonne, che fanno equilibrio col-

colla pressione, che esercitano le appoggiate al prisma. La forza impulsiva dipende dal corso dell' acqua, e la maggior superficie, entro cui urta, dipende dal peso, che fa immerger di più il prisma entro l' acqua. Si potrebbe dunque dire, in certo modo di esprimersi, che la maggior superficie urtata, faccia equilibrio col maggior peso aggiuntovi. Dunque dal maggior peso posto nel prisma viaggiante, perchè percorra il dato spazio nel dato tempo, è necessario dedurre la la maggior forza impiegatavi dall' acqua a vincerlo, non già, perchè l' acqua vada aumentandola, o diminuendola, supponendosi sempre la stessa; ma perchè in maggior parte applicasi al prisma, che deve promuovere, e minor parte ne disperde.

IX. Dal peso usatosi negli sperimenti, posto a confronto con quello, che secondo il calcolo tratto dalle Teorie, doveva impiegarsi, quando il calcolo non si fondasse sopra ipotesi insussistente, potrebbe dedursi, in quale de' detti sperimenti esercitasse l' acqua la maggior forza, e in quale la minore. Ma si è a ciò supplito al numero V., con maggior fondamento, preso dal peso effettivo, che si è in essi usato. Rimane a sapersi, in ciascuno di essi sperimenti, con qual angolo i filamenti d' acqua corrente urtavano i lati del prisma ligneo, supponendo, che urtassero immediatamente nel lato di legno del prisma, non nel lato di qualche angolo solido acqueo, che la corrente vi avesse apparecchiato, al più facile suo deflusso. Con questa ricerca si comprenderà più facilmente la ragione del molto, o poco peso, di che dovea gravarsi il prisma ligneo ne' diversi sperimenti, e della maggiore, o minor trasfusione della forza dell' acqua contro il prisma. Nel primo sperimento, supponendo i fili acquei, che urtan nell' angolo ligneo del prisma di 128 gradi, tutti tra loro parallelli, e parallelli a quello, che passerebbe, dal vertice dell' angolo, alla metà della base del prisma, l' angolo, che ciascun di essi farà col lato destro, e sinistro del prisma, sarà di gradi 65 colla parte superiore del lato, cioè verso la punta, e sarà di gradi 115 colla parte inferiore del lato, verso la base del prisma, come si raccoglie dal calcolo ordinario in questa materia. Si assume dunque il falso da quelli, che vogliono, che l' angolo d' incidenza de' filamenti acquei contro il piano de' lati, che forman l' angolo del prisma urtato, sia un angolo di 45 gradi. Imperocchè, se prendon l' angolo fatto da' filamenti colla parte superiore del piano urtato, è di 65 gradi, e questo è maggiore di 20 gradi dell' assunto, quasi la metà di più dei 45. Se si volesse prendere l' angolo, fatto da' filamenti acquei colla parte inferiore del piano urtato,

to, che è di 115; il loro angolo di 45 sarebbe quasi subtriplo. Ecco come, per le false supposizioni, non trovasi la conformità tra le Teorie, e le sperienze. Quest'angolo 65, colla parte superiore del lato, dinota la resistenza tanto maggiore, che ha il filamento a gittarsi verso la punta dell'angolo del prisma, quanto maggiore è la facilità, che trova a gittarsi alla parte inferiore. Nel secondo sperimento, l'angolo del prisma, contro cui urtava l'acqua, era, come si è veduto, di 90 gradi, cioè retto, e i filamenti acquei urtavano ne' lati, che forman l'angolo retto, con un angolo semiretto di 45 gradi. Ma in questo sperimento, il peso, di cui dovè gravarsi il prisma, fu di quasi 13, mentre nel primo sperimento fu di 20, e quasi un quinto. La forza dunque dell'acqua urtante nel primo sperimento, sotto un angolo 65, fu maggiore, si può dire, di un terzo, di quella, quando urtava con un angolo di 45. Non si può dunque assumere, come vorrebbesi, che la forza maggiore in questi sperimenti, ottengasi, quando i filamenti dell'acqua urtino immediatamente contro i lati del prisma, con un angolo d'incidenza di 45 gradi. Nel quinto sperimento, l'angolo del prisma urtato dall'acqua era di gradi 43, e 8 minuti. Se l'acqua urtava immediatamente nelle parti dell'angolo; dovea farvi un angolo d'incidenza, colla parte superiore, di gradi 26 circa, e colla parte inferiore, di 154. Qui l'angolo d'incidenza è di gradi 3 e mezzo superiore della metà de' 45, e il peso posto nel prisma fu di 8 e 32 centesime, mentre, nell'angolo d'incidenza di 45 gradi, fu di 12, e 96 centesime. Dunque la forza dell'acqua impiegatasi in questi sperimenti, a far correre sotto diversi angoli d'incidenza il prisma, 20 piedi in dato tempo; non ha per misura l'angolo d'incidenza di 45 gradi de' filamenti acquei contro le pareti immediate, che forman l'angolo del prisma.

X. Eppure egli è assolutamente necessario, che la forza dell'acqua urtante dipenda dall'angolo, col quale i filamenti urtano il prisma. Imperocchè essendo la velocità dell'acqua corrente sempre la stessa; essendo la base del prisma sempre di 2 piedi di lunghezza; variandosi soltanto la lunghezza dei lati del prisma, col variarsi l'altezza del triangolo, che gli serve di base; tutta la varietà va a rifondersi nell'angolo diverso d'incidenza, ch'essi presentano, nei diversi sperimenti, ai fili acquei, che urtano, e muovono il prisma. Se dunque la forza dell'acqua, misurata giustamente dal peso, che deve vincere, nel promuovere il prisma colla stessa velocità di 20 piedi in un dato tempo, sempre uguale; se dissi, la forza dell'acqua non viene misurata dall'angolo d'incidenza

de' filamenti, che urtano immediatamente ne' lati del prisma; converrà concludere, che in alcuni di detti sperimenti l'acqua si formi, avanti l'angolo naturale del prisma, un altro angolo solido d'acqua quasi morta, onde l'angolo d'incidenza de' filamenti acquei contro le pareti dello stesso, sia il vero angolo, col quale si compartisca la forza, che risulta impiegarsi nella promozione del prisma. Nel primo sperimento, ove l'angolo del prisma era di 128 gradi, e quindi era solo di 72 gradi distante dai 180, vale a dire dall'essere un piano perpendicolare alla direzione de' filamenti acquei, che in esso urterebbero; è impossibile, che non siasi formato, avanti esso, un angolo solido acqueo, col quale l'acqua urtante avesse la facilità, ad essa occorrente, per meglio dividersi, e proseguire il suo corso, il più rapidamente: al che sempre tende, e se ne proccura i mezzi convenienti. In qualunque partiacqua, fatto avanti le pile de' ponti, ove l'acqua avesse un corso, con cui far percorrere 20 piedi ad un corpo da essa investito, in pochi secondi; non lascierebbe l'acqua di formarsi avanti esso un altro angolo solido d'acqua quasi morta, coll'ajuto del quale defluire più comodamente. Basta infatti osservare, che gli angoli, che si forma il corso dell'acqua avanti le pile de' ponti, sono molto minori di 128 gradi. Dunque nel primo sperimento l'angolo d'incidenza de' filamenti non sarà di 65 gradi, nella parte superiore del prisma, in cui urta. Di quanti gradi esso debba essere, è inutile l'investigarlo nel presente argomento. Se qui fosse di 45 gradi, come è nel secondo, nell'ipotesi, che i filamenti acquei urtassero immediatamente ne' lati del prisma, non nei lati di altro angolo solido acqueo aggiuntovisi; la forza dell'acqua dovrebbe esser la stessa nell'uno, e nell'altro sperimento, e quindi dovrebbe essere uguale il peso, che si è aggiunto al prisma. Ma il peso era nel primo sperimento di 20, e quasi un quinto, e nel secondo di quasi 13. Dunque l'angolo di incidenza non può essere stato contro i lati dell'angolo solido acqueo, aggiuntosi all'angolo del prisma, di 45 gradi, fatti dai filamenti direttamente contro i lati del prisma. Dunque maggiore deve essere stato l'angolo d'incidenza de' filamenti, contro l'angolo aggiuntosi d'acqua morta a quello del prisma. Dunque, o avanti l'angolo retto del prisma di 90 gradi del secondo sperimento, non si è aggiunto niun angolo solido d'acqua, come morta; o, se vi si è aggiunto, l'angolo d'incidenza de' filamenti nelle pareti avventizie dello stesso, è stato minore dell'angolo fatto da' filamenti contro i lati dell'angolo solido d'acqua, aggiuntosi all'angolo di 128 gradi dei lati del prisma ligneo, urtati dall'acqua.

XI.

XI. Negli sperimenti, ne' quali l' angolo solido del prisma era di pochi gradi, come nel quinto, in cui era di 43, e 8 minuti; e nel quarto, in cui era di 52, e varj minuti; è egli credibile, che siasi formato, avanti detto angolo solido, altro angolo d' acqua quasi morta? Ciò dipende dal vedere se i detti angoli di 52, e 43 gradi bastassero alla più facile divisione, e al corso più spedito dell' acqua, che questa sempre si proccura. Nella qual ricerca, è da osservarsi, che l'acqua non può accrescervi la base dell' angolo solido, che la deve dividere; soltanto essa può proccurarsi l' angolo necessario ad una tal base, per defluire colla maggiore felicità. La base è sempre la stessa di 2 piedi di lunghezza. Se però l' angolo del prisma ligneo di 52 gradi, colla base di 24 pollici, fosse maggiore di quello, che è richiesto, onde l' acqua colla maggior facilità, di cui è suscettibile, possa proseguire il suo corso, senza ingorgare, e se a questo intento, si richiedesse, per esempio, un angolo di 45 gradi; egli è manifesto, che formerebbesi un angolo d' acqua morta, appoggiata alle pareti dell' angolo solido ligneo, il qual angolo d' acqua non comprendesse, che 45 gradi. La base del prisma ligneo, e i suoi lati cooperebbero, colla loro resistenza al corso dell' acqua, alla formazione di quest' altro angolo, necessario al più facile deflusso dell' acqua, nelle circostanze, in cui essa trovasi. Nel quinto sperimento, in cui l' angolo del prisma è di soli 43 gradi, e minuti che ha una base di 2 piedi, e un altezza di 30 pollici, e i lati del prisma lunghi 55 pollici; se l' angolo necessario alla più facile divisione, e deflusso, dovesse essere di 45 gradi; si formerebbe l' acqua un acqua morta dalla base del prisma, verso il corso dell' acqua, nella figura, che più le giovi, a correr più liberamente. L' angolo dunque d' un acqua quasi morta, che formasi avanti lastre, o prismi viaggianti per essa, o scorrente, o stagnante, deve esser sempre tale, sotto cui l' acqua ottenga il deflusso più facile, che le circostanze le consentono.

LEZIONE XXII.

Le Teorie, che mancan di dati, che le rendono esatte, non possono accordarsi colle sperienze. Esempio nella percossa de' fluidi.

I. Molti Autori si son data la pena di far profondeo disquisizioni sul'a percossa d' un fluido, contro una superficie piana, o della resistenza della superficie, alla percossa, ove

sia all' urto del fluido impellente in essa. I diversi risultati delle loro ricerche mostrano abbastanza la poca solidità delle loro Teorie. Alcuni pretendono, che la forza dell' urto agguagli il peso di una colonna di esso, che abbia per base, la base della vena cadente, o urtante, o sia della superficie urtata; e per altezza, quella, che devesi alla velocità, di che è animata l' acqua cadente, o urtante. Altri Autori poi pretendono, e tutti condottivi da' loro proprj sperimenti, che l' urto equivalga ad una forza, doppia dell' assegnata dai primi. Una differenza del doppio non può ascriversi a cause accidentali, ma al solo difetto delle ipotesi, assunte nelle loro Teorie.

II. In due modi han tentati i loro sperimenti; primo facendo cadere, o urtare il fluido, perpendicolarmente, sopra una lastra; secondo facendolo cadere obbliquamente. Or in questi sperimenti, i nostri Autori han voluto supporre (ecco tosto una prova della inesattezza della loro Teoria) che le particelle fluide, che urtano il corpo, ciascuna lo urti nella stessa guisa, e forza, come se fosse sola, isolata, libera, e non chiusa tra mezzo l' altre, che la contorniano, e che, dopo l' urto fatto nel corpo, sfugga da esso, senza il menomo impedimento laterale, come fosse solitaria, e non rattenuta da niuna parte. Di più, dopo aver dato il suo urto nella lastra, venga la particella, come distrutta, e non sia d' alcun impedimento alla sua seguace, di portar anch' essa tutto il suo urto nella lastra, come se niun altra particola vi fosse intermedia; e che quindi tutte battano, con tutta la lor forza, perpendicolarmente, entro la lastra. Ma questa ipotesi è al tutto contraria a ciò, che realmente dee succedere, come si è già dimostrato nelle precedenti Lezioni. Essendo manifesto, che le particole, che battono nel centro della lastra non possono sfuggire si presto, di permettere a tutte le laterali, di battere immediatamente nella lastra, come voglion supporre, che battanvi le prime, senza urtar in quelle, che vi han prima battuto, e senza disturbare a queste la ritirata ai lati della lastra, suppongon dunque una perpendicolarità di filamenti contro la lastra, che certamente non ha luogo nelle sperienze.

III. Ma esaminiamo ancora i loro sperimenti, ne' quali troveremo altre false supposizioni, oltre le gia addotte. Primo, lascian correr l' acqua, dal fondo di un vaso, per un foro di 10 linee di diametro, e si lascia cadere sopra una lastra, posta, orizzontalmente, alla estremità di un braccio di bilancia, distante soltanto un pollice dal foro, ch' era aperto nel fondo del vaso. L' altezza dell' acqua, dalla sua superficie

nel

nel vaso, al piano della lastra, era di piedi 4, e mantenevasi a questa altezza, rinfondendo nel vaso tant' acqua, quanta ne andava sortendo dal foro. La lastra aveva il diametro di pollici 2 e mezzo, cioè triplo di quello del foro. Erasi aggiunto al foro un piccol tubo, la lunghezza del quale non si esprime, e dicesi solo, che l' acqua sgorgava da esso a tubo pieno, cioè occupando tutta l' estremità inferiore del tubo. A tener orizzontali le due braccia della bilancia, contro la forza dell'acqua cadente sopra la lastra, richiedevasi nella lance opposta della bilancia il peso di una libbra (composta d' oncie 16) e oltre la libbra il peso d' oncie 5, grossi 7, e grani 8, cioè in tutto il peso di grani 12608. Ritengasi, che tale libbra vien formata di due marchi, e il marco di 8 oncie, e l' oncia di 8 grossi, e il grosso di 72 grani. Secondo, ritenute tutte l' altre circostanze, e posto, al fondo del vaso, un foro, e un tubo di diametro di sole linee 6; il peso, necessario all' equilibrio, era di sole oncie 7, grossi 6, grani 20, cioè in tutto grani 4484. Or in questi due sperimenti, assumesi essere la stessa l' altezza dell' acqua, ugualmente attiva, sopra la lastra, mentre dalle cose dimostrate nel primo Tomo, la prima dovea assumersi di 4 piedi, meno 7 linee, fino al sito della massima contrazione, e la seconda di 4 piedi, meno 9 linee. Si assume poi, nel primo sperimento, la larghezza della vena del diametro, di 10 linee, e nel secondo, di 6; mentre, come si è gia veduto, manca di quel diametro. Nel secondo sperimento, l' acqua era 2 soli piedi sopra la lastra, e l' altre circostanze le stesse del primo. Agendo il foro, delle 10 linee di diametro, era necessario, all' equilibrio, un peso di oncie 10, grossi 7, grani 42, cioè in tutto grani 6306. Agendo il foro delle 6 linee; fu richiesto, all' equilibrio colla percossa, il peso d' oncie 3, grossi 7, grani 11, cioè in totale grani 2243.

IV. Or per determinare con questi sperimenti, qual delle due sentenze degli Idraulici più corrisponda alla verità; eccoci a nuove ipotesi. Si vuol supporre in primo luogo, che, seguendo l' acqua le pareti del tubo aggiunto al foro, senza sapersi, se lo segua per tutta la sua altezza, o solamente nell' infima sua parte, la velocità dell' acqua cadente dipenda solamente dai due terzi dell' altezza dell' acqua, e questa non gia fino al sito della massima contrazione, ma fino al centro della lastra. Dunque nel primo sperimento, e nel secondo si suppone soltanto l' altezza dell' acqua di $\frac{8}{3}$ di piede, ugualmente nel foro grande, e nello stretto. Supponsi pure, che il peso di un piè cubico Parigino d' acqua sia di libbre 70, di

16

16 oncie ciascuna. Or formando il calcolo, della forza, espressa in libbre, necessaria nella prima, e seconda sentenza degl' Idraulici, paragonata al peso, che si è trovato necessario all' equilibrio, per decidere, qual delle due opinioni sia più consentanea al vero; trovasi la prima assolutamente falsa; ma non però comprovata la seconda, che non vi corrisponde neppur essa, mostrandosi la forza dell' acqua, minore del peso del doppio dell' altezza, assunta ne' due terzi di quella, che dalla superficie misurasi al centro della lastra.

V. Il Bossut pretese di aver osservato, che quando la lastra toccava l' orificio del tubo aggiunto al foro del vaso, stando tutte le altre cose pari; la forza della percossa dell' acqua cadente sopra la lastra, è sensibilmente minore, che quando vi ha un certo intervallo, che non esprime, tra l' estremità del tubo, e della lastra. Come ciò egli abbialo dedotto, non fa grazia di dircelo. Se ciò fosse perchè la distanza del tubo dalla lastra era sì piccola, per cui non potesse passare, nello stesso tempo, tutta l' acqua, che vi trasmetteva il foro, onde si minorasse la velocità della colonna, perchè dovesse impiegar parte della sua forza a sollecitar l' acqua a sortire dal tubo; l' Abate Bossut lo avrebbe avertito, balzando agli occhj troppo facilmente. Egli attribuisce ciò all' impotenza, in cui allora trovavasi l' acqua, di acquistare tutta la velocità, di cui era suscettibile. Ma che è ciò, che può levarle questa potenza, se non era la cagione venuta in sospetto? E' egli, che l' acqua, nell' estremità della colonna urtante, non possa, dal sito della contrazione, accellerare ugualmente, fino alla lastra, quando il tubo si approssima a quella, come quando non giugne, che al sito della massima contrazione? Ma se le distanze dal sito della contrazione sono uguali a tubo corto, e più lungo; è certo, che l' acqua, che non soffreghi ai lati del tubo aggiunto, deve accelerare ugualmente. Al più accelerà meno l' acqua, che soffrega al tubo, di quella, che distante è da esso nella colonna urtante. Ma la lunghezza del tubo è così piccola, dal sito della massima contrazione, al termine di esso, che il soffregamento non può dare un effetto sensibile, come è l' osservato dal Bossut. D' altronde, se soffrega l' acqua alle estremità del tubo, esce da esso l' acqua, con maggior diametro, di quel che avrebbe la colonna, poco sotto la contrazion della vena, se questa non fosse disturbata dai labri del tubo, a cui attaccandosi, viene in questo caso ad ingrossare. Allora adunque, se sorte dal tubo con minore insensibile velocità, cade sopra la lastra, con un diametro sensibilmente maggiore: ed essendo maggiore la superficie urtata sensibilmente maggiore sensibil-

men-

mente deve esser la forza sopra la lastra, il cui centro di percossa può riuscire più di stante dal centro del moto della bilancia.

VI. Nel primo caso, in cui la lastra distava un pollice dal foro del fondo, confessa Bossut, che mancava poco, che la forza dell'acqua agguagliasse il peso d'una colonna, che avesse per base l'orificio, e per altezza quella dell'acqua, sopra lo stesso orificio. Questa maniera di prender l'altezza dell'acqua, che produce lo sgorgo, è al tutto irregolare, nè la larghezza dell'orificio si è quella della larghezza della vena urtante la lastra. Che se mancava poco alla forza dell'acqua, ad agguagliare il peso della colonna, che ha per base l'orificio, e per altezza, quella dell'acqua sopra l'orificio; se egli avesse presa l'altezza vera dell'acqua, che produce la forza, cioè fino al sito della massima contrazione; avrebbe aumentata l'altezza, e il prodotto non sarebbe rimasto tanto mancante. Gia si è veduto nel primo Tomo, che presa la vera altezza, e la vera area nel sito della vena contratta, gli sperimenti rispondono alle Teorie.

Crede Bossut, che gli Autori, che tengono il primo parere, che la forza agguagli il prodotto della base, corrispondente alla velocità dell'acqua sgorgante, abbian fissata l'altezza dell'acqua dalla sua superficie stagnante fino al foro, non gia fino al sito della vena contratta, e che prendendo la grossezza della vena, dalla grossezza del foro, non dalla vena contratta; questa grossezza maggiore della vena abbia compensato la minore altezza, presa invece della vera, cioe presa fino al foro, invece di prenderla un semidiametro al meno di là dal foro. Ma noi abbiam dimostrato nel prim. Tomo, che non vi è altra altezza, che quella fino alla vena contratta, e non vi è altra sezion di vena, che quella nel sito della massima contrazione, che col prodotto della loro forza accordino le vere Teorie coi risultati degli sperimenti.

VII. Col paragone della prima sperienza colla terza, e della seconda colla quarta, dice lo stesso Bossut, che a velocità uguali, le percosse perpendicolari sieno sensibilmente proporzionali, alla superficie urtata. Ma dice d'aver osservato nel tempo stesso, che l'urto, e la percossa sembra anche aumentare, o diminuire in maggior ragione della superficie. Di ciò ne dà due ragioni, prima, o sia perchè le particelle acquee, che vanno a urtare, sviandosi dalla lor direzione più, o meno, secondo che la superficie è più grande, o più piccola, perdono nel loro sviamento di forza; seconda, ossia perchè la velocità del fluido diminuisce, pel soffregamento maggiore, ne' fori più piccoli, o sia per l'unione di queste

due cagioni insieme, in ordine all' effetto dell' urto, o della percossa nella lastra. Or che vuol egli dire, che le particelle acquee disviino dalla lor direzione, secondo che è più grande, o piccola la superficie urtata. Questa non può essere più grande, se non nel caso, che il foro, che tramanda l'acqua, sia di maggior diametro; o, se è dello stesso diametro, produca una contrazione minore, sotto un altezza minore, che sotto una maggiore. Essendo il diametro del foro lo stesso, la maggioranza della superficie urtata non può dipendere, che dalla minor altezza dell' acqua, che portando una contrazione minore, forma maggiore la sezione della vena contratta. Se le altezze de' fluidi, sopra la lastra, fossero le stesse, ma, se i fori fossero di diverso diametro; la contrazion della vena sarebbe, più distante dalla lastra nel foro più piccolo, che nel grande, perchè, nel foro piccolo, sarebbe distante 7 linee, e nel foro più grande, solamente 5. Accelerandosi l'acqua ugualmente, procedendo da altezze uguali; accelererebbe di più, nel tratto delle 7 linee, dal sito della vena contratta alla lastra, che nel tratto delle 5 linee. Ma questa accelerazione assottiglia più la vena dell' acqua urtante. Dunque nel caso del foro più piccolo, accelerando di più la vena, nell' atto dell' urtar nella lastra; cadrebbe sulla lastra con minor diametro, che sortendo dal foro più grande. Ma nello stesso tempo la contrazione pel foro piccolo è minore, che pel foro grande. Dunque, se col diametro più piccolo, urta nella lastra; ha però il diametro più grande, rispettivamente, nel sito della massima contrazione. La maniera adunque, colla quale le particelle acquee della colonna urtante possono scostarsi, e deviare dalla loro direzione, dipende unicamente dal secondare più o meno la direzione delle particelle, che, sortendo libere dal foro, formerebbero la vena contratta. E come ciò dipende, dall' attaccarsi esse, nel loro cadere, alle pareti estreme del tubo; tanto più disvieranno dalla lor direzione, che è per la curva, che forma la vena contratta, quanto più, invece di seguir questa curva, seguon la direzione delle pareti. La direzion per la curva le porta a restringersi nel sito della massima contrazione, e da esso a sempre più restringersi per l' accelerazione secondo i numeri dispari. La dove, se dopo la contrazione della vena le particelle della circonferenza della colonna discendente si attaccano alle paretoi interne dell' estremità del tubo, queste sortiranno colla direzione dell' interno di esse pareti, mentre l' altreo, che non si attaccano ad esse, andranno assottigliandosi, per la legge dell' accelerazione. E queste andando più veloci, delle attaccate alla superficie interna del tubo, portan più to-

sto

sto attrarre a se le più tarde, di quello che queste attrarre a se le piu veloci. La deviazione adunque delle particelle esteriori, dalle interiori della colonna acquea cadente, non può sensibilmente influire, a diminuire la forza della colonna in si piccola distanza dalla lastra.

VIII. Se l' acqua cade obbliquamente sopra una lastra, il che si fa tenendo obbliquo il braccio della bilancia; la Teorìa insegna, che richiedesi sempre lo stesso peso a formar l' equilibrio, tra la percossa dell' acqua, e tra l' equipondio nell' opposta lance della bilancia, o tengasi la bilancia orizzontale, o obbliqua. Ma se le sperienze son contrarie, ciò, è vizio della Teoria. A misura, che diminuisce l' angolo fatto dalla perpendicolare, che, dalla sommità della stagnante nel vaso, cade nel centro della lastra, e dal braccio orizzontale, a cui é attaccata la lastra, il che vuol dire a misura, che si fa obbliquo l' urto dell' acqua sulla lastra, onde la sua forza prima perpendicolare va a risolversi, e a misura, che minor contorno d' acqua, in altezza, si ferma attorno alla vena urtante, come si é veduto nel I. Tomo avvenire, quando urta perpendicolarmente, e si assottiglia di più nel maggior moto dell' acqua nè filamenti, che riescon più lunghi sulla parte, all' infuori della lastra che urtano, e che nello stesso tempo sono più obbliqui, e meno prementi, e colla maggior velocità sono d' impedimento a quelli del mezzo della lastra a sortir dalla lastra: Onde debbon soffermarsi alcuna cosa di più, per cercar sortita alle parti laterali, ove abbiavi, riguardo ad essi, minor resistenza.

IX. Or, per essere esatta la Teorìa, contemplar dourebbe tutti questi elementi, e calcolarne esattamente ciascuno, per determinare lo scemamento della forza, secondo le diverse obbliquità. Ciò essa non tentando; é necessario, che il peso per l' equilibrio, le riesca sempre uguale contro la realtà. Imperocché, essendo il diametro del tubo di 10. linee e l' altezza dell' acqua dalla lastra orizzontale, di 2. piedi; faceva, che la verticale centro della lastra facesse, col braccio della bilancia, un angolo di 60. gradi, e però in vece dé 6306. grani, che si richiedevano all' equilibrio, stando orizzontale la lastra; bastino 6125. Quando l' altezza dell' acqua era di 4 piedi, in vece dé 12608. grani nell' urto perpendicolare; bastavan 12248., urtando sotto l' angolo di 60. gradi. Quando il diametro era di 6. linee, e l' altezza dell' acqua, di 2. piedi, nell' urto orizzontale, si richiedevano grani 2243, e nell' urto ad angolo di 60, soli 2058. Essendo l' altezza di 4. piedi, in vece de grani 4484. della percossa perpendicolare, bastavan 4315. nell' obbliqua.

X. Conoscendosi dagli Autori l' imperfezione della Teoria, per poterla seguire nella Pratica, sonosi affaccendati a trovarne una più esatta, e nel tempo stesso di calcolo semplice, i risultati della quale potessero praticarsi. Ma i loro sforzi sono stati inutili. Newton nel libro II, Sessione VII. né suoi principj Matematici, suppone in prima un mezzo raro di particelle tutte uguali, tutte libere, tutte distanti ugualmente l' una dall' altra (Ipotesi difficile a verificarsi in natura). Fà viaggiare, per questo mezzo, un globo, e un cilindro, uguali di diametro, e con uguale velocità. Il suo calcolo gli fà vedere, che la resistenza, che incontra il globo, non é che la metà di quella, che incontra il cilindro. Dopo ciò, vuol anche determinare la resistenza assoluta, non più rispettiva, che soffre il globo, e nella supposizione, che le particelle del mezzo; che il corpo traversa, sieno perfetamente elastiche, ed anche prive d' elasticità. Nel primo caso gli risulta, che la resistenza del globo, sta alla forza, colla quale il moto totale del globo potrebbe essere prodotto, o distrutto, e ciò nel tempo, ch' esso globo impiega a percorrere soli due terzi del suo diametro, e con una velocità uniforme, e continua; stà, dissi, nella ragione della densità del mezzo, alla densità del globo. E nel secondo caso trova, che la resistenza del globo riesce due volte minore della prima. Passa indi ad esaminare la resistenza de' mezzi continui, come dell' acqua, del mercurio, e per fin dell' olio riscaldato; e ne cava un altra Teoria, per questa qualità di mezzi, né quali (notisi bene) il globo non caccia immediatamente da se tutte le parti del fluido, che gli resistono, ma produce soltanto nelle prime, a lui più prossime, una pressione, che dall' una all' altra si và comunicando successivamente. Or da questa Teoria risulta, che la resistenza, che soffre il globo semplice, é perfettamente uguale a quella, che incontra il cilindro circoscritto al globo: il che è interamente contrario alla sperienza. Ciò non per altro, se non perchè la Teoria assume principj, dé quali non valsi la natura nelle sue operazioni.

XI. Danielo Bernoulli nel II. Tomo delle memorie dell' Accademia di Pietroburgo le prime, cercò di determinare la resistenza dè fluidi, con un suo metodo particolare, ma che in seguito ha rigettato, avendo riconosciuto, che le deduzioni da esso tratte, contrariavano le sperienze. Nel VIII. Tomo infatti di dette memorie si appigliò ad altro mezzo, assai invero ingegnoso, e di più eleganza, per la determinazione dell' urto perpendicolare d' una colonna d' acqua, che dal foro, aperto in un fondo di vaso, cada perpendicolarmente sopra una lastra. Suponendo questa di un estensione maggiore dell' area del foro, riconosce, che i filamenti acquei della colonna, dopo

aver

aver urtato nella lastra, ribalzano, e pieganſi all' interno della colonna, urtante, sopra la lastra, con direzioni parallele al piano della lastra stessa, sù cui trascorrono, per l' impeto raccolto dalla caduta, e non estinto nell' atto della percossa. Qui poi, con un ipotesi bene stravagante, imagina la curva, che descrive ogni filamento riflesso, come un canale, in cui si muova un corpo, che per ciò provi in ciascun punto l' azione della forza centrifuga, e sia altresì soggetto all' azione d' una forza tangenziale, e variabile con una legge qualunque. In queste belle ipotesi calcola le forze, che vi entrano, e gli riesce di trovarle (Notisi bene il luogo) parallellamente all' asse della vena, ossia perpendicolarmente al piano della lastra urtata, di trovar, dissi, un impulsione, uguale al peso di un cilindro d' acqua, che avrebbe per base la sessione della vena, o colonna, prima che i filamenti comincino a piegarsi sopra la lastra, e per altezza, il doppio dell' altezza dovuta alla velocità dell' acqua. Se ciò concorda colla sperienza meglio, che con altre Teorie; non si potrà mai accordare, che la natura operi nel modo imaginato dall' Autore, per farvela concordare. Tal metodo poi non saprebbe applicarsi agli urti obbliqui, e molto meno, contro le superficie curve, e non può nè meno giovare, a misurare la resistenza dè corpi immersi nell' acqua.

XII. D' Alembert nel saggio della resistenza dé fluidi, ne investiga le leggi con quelle, che tengono nel loro equilibrio, con un metodo al tutto nuovo, e, ci giunta, ancora assai diretto. Ma da principio suppone, che un corpo posto in mezzo ad un fluido, venga in esso ritenuto immobile, e in perfetta quiete da qualche causa esterna; e che poi venga urtato dal medesimo fluido, che incominci a muoversi contro esso. Concepisce, che i filamenti del fluido, nell' incontrare il corpo urtato, non potendo comunicarvi tutta la lor velocità, a farlo correre, quanto essi; debban piegare alle parti del corpo, con differenti direzioni, loro comunicate dalle parti, in cui intoppano. Concepisce di più che la parte del fluido, che copre anteriormente il corpo, rimanga, come stagnante, fino a certa estensione. E fà osservare, che la pressione, che il corpo soffre, ossia la resistenza, ch' esso oppone al moto delle particelle fluide, che lo investono, vien prodotta dalla perdita, che fan dette particelle della velocità. Imperocchè un corpo, dice egli, non agisce sopra altro corpo, se non in quanto, o gli comunica, o si sforza di comunicargli una parte del suo moto. Ciò posto pretende egli, che il quesito si risolva, a trovar, da prima la velocità del fluido, che striscia immediatamente alla superficie del solido. Ciò egli determina in due differenti maniere

Trovata questa velccità; è bella, e trovata per lui la formola della pressione, che sostiene il solido. Rimarrebbe a compiersi il calcolo, e a trovare i risultati, che fossero servibili in pratica. Ma trattando così in generale tale argomento, senza introdurvi gli elementi, che vi sono intrinsecamente esenziali non è possibile riuscirvi. Determina egli col suo metodo, alquanto men rigoroso, e modificato, l' azione d' una colonna fluida, che percuote un piano, e trova tal azione un pò minore del peso di un cilindro, che avesse per base la larghezza della colonna fluida urtante, e per altezza, il doppio dell' altezza, dovuta alla velocità del fluido cadente. Il suo risultato si avvicina alla forza, che ci mostra l' esperienza, ma non agguagliandola, mostra il suo difetto, nella mancanza di qualche elemento, non considerato nel calcolo.

XIII. Eulero sulla considerazione, che l' impulso di un fluido contra un solido, non è altro in sostanza, che la pressione, che patisce il solido dà filamenti fluidi, che strisciano addosso ad esso, e colla vista della semplicità dè principj, e dei risultati, nell' ordinario metodo dell' urto dè fluidi contro i solidi, combina insieme i due metodi, e ne forma un composto, in una Memoria dell' Accademia di Pietroburgo 1769, il quale è da lui creduto il piu proprio a determinare la resistenza dè fluidi, in una maniera, la più semplice insieme, e la più esatta in molte occasioni. Ma egli stesso confessa, che non vale il suo metodo, che per la parte anteriore del corpo investito dall' urto dell' acqua, e non per l' altra parte non investita.

Da tutte queste disanime risulta chiaramente, che la Teoria delle resistenze dei fluidi trovasi ancor imperfetta, per più riguardi, che si sono esposti: e se gli sperimenti non vi corrispondono; non si può trar argomento di accusa contro di essi. E' troppo necessario per gli studiosi dell' Idraulica, il sapere i varj metodi, che si sono usati a fondarne le Teorie. Ho creduto del mio dovere di darne cognizione à miei Discepoli in succinto, ma colla chiarezza necessaria a ben comprenderli.

LEZIONE. XXIII.

Della pressione dell' acqua, contro le pareti di un vaso, entro cui si muove.

I Quando l' acqua è stagnante in un vaso, consta dall' Idiostatica, che la pressione, ch' essa esercita contro ogni pun-

punto delle pareti del vaso, che la contiene, è in ragion dell' altezza dell' acqua, che trovasi su quel punto. Se l' altezza dell' acqua fosse di 30. oncie su quel punto, in qualunque parte del vaso esso trovisi; e se il peso d' un oncia cubica fosse di un oncia; e se la superficie premuta si assumesse d' un oncia; non v' ha dubbio, che la pressione esercitata dall' acqua contra quella superficie di un oncia, nella parete, non equivalga al peso di 30 oncie. Se si volesse la pressione solo contro un punto di oncia quadrata, sotto l' altezza di 30. oncie; convien fare il conto, quanti punti sien compresi in 30 oncie, moltiplicando il 30 per 12, giacchè ogni oncia lineare componsi di 12 punti. Dunque quel punto quadrato della parete sarebbe premuto dal peso di 360 punti cubici d' acqua, e come un oncia ne contiene 1728; si può fare questa analogia, se 1728 punti cubici pesano 8 grossi, equivalenti ad un oncia di peso; i 360 punti cubici quanti grossi peseranno? e si troverà un grosso con 1152 di resto, che moltiplicato per 72, numero dè grani costituenti un grosso, si avrà il prodotto 82944, che diviso ancor pel primo termine 1728, darà 48 grani di peso, oltre il grosso. Verifichisi per esercizio il calcolo. Le ragioni di questa quantità di pressione sonosi già altrove addotte colle sperienze proprie.

II. Or si vuol fare il caso, che l' acqua, invece di rimanere stagnante nel vaso, si muova, cioè abbia corso per esso, e prima tutta quanta vi se ne contiene, indi solamente in parte, e si vuol conoscere la pressione, che eserciterà contra la stessa parte di parete. Ponsi presso al fondo di un vaso grande cilindrico, o prismatico, un tubo orizzontale, ben connesso nella parete perpendicolare del vaso, ma in modo, che possa aggirarsi entro essa, della lunghezza per esempio di piedi 3, e del diametro di 9 in 10 linee, che tiene la sua apertura di ugual diametro. Chiudesi l' orificio estremo del tubo per infonder nel vaso acqua all' altezza, per esempio di 4 piedi, dalla superficie di essa al centro dell' orificio del tubo. Nella parte superiore di questo tubo orizzontale si è aperto un piccol foro, che tiensi otturato. Se stando il vaso pieno, si apre il forellino superiore del tubo; sale un getto da esso, che giugne fino all' altezza dell' acqua stagnante nel vaso, come si è verificato nel Tomo I., tenendo però chiuso il foro estremo del tubo. Se apresi l' orificio estremo del tubo, onde l' acqua del vaso sgorghi a piena bocca per esso tubo; il getto va celeramente abbassandosi, e dal suo foro non esce neppure una stilla, impiegandosi la pressione dell' acqua stagnante nel vaso, che prima formava il getto, a produrre il moto dell' acqua pel tubo pieno, è non se ne rimane pur briciola, a sfian-

sfiancare lateralmente per esso, che la scarica. Se il foro, ch' era di sopra al tubo, facciasi riuscire al suo fianco destro, o sinistro, nella qual situazione, se l' acqua scorrente esercitasse qualche pressione laterale, sarebbe molto più a portata di darne indizio, con qualche getto orizzontale; nè pure in questa situazione del forellino, non vedesi sortire ne pur lacrima d' acqua. Voltando di più il tubo, onde il foro riesca sottesso, dal quale l' acqua è in istato di sortir perpendicolarmente, anche per la sua sola gravità, neppur in questa situazione ne sgorga niuna goccia d' acqua, venendo vinta la gravità di ciascuna goccia, che passa internamente sopra il foro, dalla prevalente velocità, che possiede dalla pressione della stagnante nel vaso, che prescindendo da quella contro le pareti del vaso perpendicolare, e contro il fondo del vaso, su cui stagna, tutta s' impiega in cacciar le goccie orizzontalmente pel tubo annesso.
Solamente ai labbri del foro in questa situazione, vedesi soffermarsi qualche zona d' acqua, che sarà di quella, che in passando sopra il labbro interno del foro, o sarà attratta dalla materia, di che il tubo è composto, o radendo i labbri del foro, questo ne rattiene qualche piccol velo, che può raccogliersi, fino a formar lentissimamente qualche gocciola, che poi cadrà pel solo proprio peso non mai spintaci dalla pressione laterale del velo estremo dell' acqua, scorrente sul lato basso del tubo, che vi serve come di base. Non si può desiderare uno sperimento più parlante, a convincere, che quando l' acqua trascorre liberamente per un tubo, onde tutta quella, che vi entra possa sortirne, e nello stesso tempo, e colla stessa facilità, non esercita niuna pressione, contro le pareti laterali del tubo, e nè pur sopra què veli acquei, che sembrano servirle di base a sostenerla: altrimenti, la pressione si stenderebbe sopra il foro soggetto.

III. Ma se, invece di tenere aperto tutto l' orificio estremo del tubo aggiunto, facciasi soltanto un apertura nel mezzo del turacciolo, che lo chiudeva, onde l' acqua corra speditamente soltanto per l' asse del tubo, per determinare la pressione, che si farà contro le pareti del tubo, e quindi a quale altezza monterebbe il getto verticale, dal foro tenuto aperto sul dosso del tubo; incomincia l' Abate Bossut la sua ricerca, stabilendo, che la forza, che fà passar l' acqua per l' apertura intera del tubo aggiunto, che si attacca al vaso, sia costantemente la stessa, come quando era tutta aperta l' altra estremità del tubo. In questa sua espressione si deve credere ch' egli parli di quell' acqua, che trovisi nella dirittura del foro lasciato aperto alla estremità del tubo, perchè l' altra,

che

che contorna la vena di mezzo, non avendo esito, non passa almen sensibilmente dal tubo. Tutta poi l' acqua, che sta all' ingresso del tubo, e corrisponde alla porzione otturata vien premuta anche lateralmente, come perchè entri anch' essa nel tubo, quantunque otturato, in ragione di 4. piedi d' acqua soprastante, colla piccola differenza delle diverse altezze, sotto cui trovasi, maggiore sotto il centro del foro, e minore sopra esso de quattro piedi, che vi sono dalla superficie dell' acqua stagnante, al centro del foro. Per questa pression laterale, che si comunica a tutta l' acqua esistente nel tubo, tutta quest' acqua porta la sua pressione, contra l' ostacolo posto al fine del tubo, che le impedisce l' esito. Quest' ostacolo adunque è premuto internamente dà filamenti orizzontali, che l' empiono, con una forza corrispondente all' altezza dell' acqua nel vaso, sotto cui trovasi. L' ostacolo reagisce contro questa pressione. Ma nel sito del foro aperto, niente non reagisce. Una certa prova della pressione continua, è in ragion dell' altezza dell' acqua corrispondente nel vaso che opera contro la faccia interna della lastra, che chiude, l' estremità del tubo, si è, che se tutta questa lastra sia piena di fori, ma otturati; all' aprirsi di ciascun d' essi; sul momento sbalza l' acqua, in un getto parabolico, di massima ordinata, uguale a quella della parabola fatta dal foro grande di mezzo, se trovisi lateralmente il nuovo foro, alla stessa altezza; o di minore, se sia al di sopra; o di maggiore, se sia al di sotto: poichè al di sopra del foro medio, l'altezza dell' acqua, premente al forellino, è minore, e al di sotto, è maggiore di quella al foro medio. Come potrebbe l' acqua del forellino sortir sul momento, se non venisse premuta antecedentemente, per la legge idrostatica, che le pressioni d' acqua quiescente comunicansi ad ogni parte, ed ugualmente, e sempre corrispondono all' altezza dell' acqua premente, e ciò, come é già noto, per la forza elastica dell' acqua, che in ogni parte premuta, ripreme ugualmente.

IV. Assume anche il Bossut per preliminare alla sua disquisizione, che essendo costantemente la stessa la forza, che fa passar l' acqua nel tubo, mantenendosi nel vaso sempre alla stessa altezza; sia chiaro, che l' acqua si muova men velocemente nei tubi, quando non ha, che il piccol esito formato nella lastra, che il chiude, che quando scorre per tutto il tubo, senza interposizione di lastra. Or in questa sua asserzione, egli certamente intenderà, che, in tutto il complesso del tubo, siavi minor corso d' acqua, quando non vi è, che una piccola porzione di esso, che la tramandi; e ciò è innegabile. Per altro, quantunque la forza, che fà passar l' acqua pel tubo, sia la stessa, anche quando passa pel foro aperto

aperto entro la lastra, che chiude l' estremità del tubo; la stessa, dissi, come quando passa a tubo interamente libero; deve esser pur inegabile, che il corso, e la velocità dell' acqua, nella vena del tubo, che mette al foro, é maggiore, quando vi è un semplice foro, che quando tutto il tubo è libero. La piccolezza del foro certamente presenta all' acqua, che scorre per esso, una superficie, a cui soffregasi, assai maggiore di quella, che presenti, all' acqua sgorgante, la circonferenza tanto più grande dell' orificio del tubo: essendo maggiore la circonferenza del foro, riguardo alla sua area, di quello che sia la circonferenza del tubo riguardo alla sua. Ma l'acqua che sofrega all' estrema circonferenza del tubo, ha già sofregato dal principio di esso entro il vaso, cioè dal principio delle pareti del tubo, fino all' estremità di esse, pel tratto di 3 piedi di lunghezza; la dove quella ch' esce pel foro, non soffrega contro niuna parte solida, ma con sole particelle fluide, che la contorniano, molto meno resistenti della superficie solida del tubo. Dunque per questa ragione dee esser più veloce l' acqua, che passa pel foro, di quella, che passa pel tubo tutto libero. Se si riflette in oltre, che a produr la velocità pel foro aperto nel mezzo della lastra, oltre la pressione de filamenti dell' acqua contenuta nel vaso; che corrisponde alla larghezza del foro, vi concorre anche la pressione di que' filamenti che contorniano il foro, che forman la contrazion della vena; si troverà, che maggior numero di filamenti, rispettivamente al tubo intero, s' impiegano a produrre il moto nell' acqua pel foro, e tutti ugualmente animati dalla rispettiva altezza, nella quale si trovano, sopra la superficie dell' acqua rattenuta nel vaso. Dunque nel foro la velocità dev' essere maggiore, che per l' apertura intera dell' estremità del tubo, alla quale non posson concorrere altri filamenti, che quelli, che contengonsi nella larghezza del tubo; e se è maggiore pel foro, anche per consenso in tutta la vena orizzontale, che scarica al foro. Che se si metta a paragone l' indebolimento della velocità, per la maggiore resistenza del contorno del foro, apparirà per le cose dimostrate nel I. Tomo, che l' aumento riesce assai maggiore, della diminuzione, che può avervi luogo. Non è dunque vero, che in questa parte d' acqua, chè scaricasi pel foro, domini minor velocità di quella, che a tubo libero, nel senso esposto.

V. In virtù della minor velocità, che nel complesso intero del tubo esiste, che quando l' acqua trascorre pel solo foro aperto nella lastra; deduce l' Abate Bossut, che debba diminuirsi la pressione dell' acqua racchiusa in parte, e in

parte

parte scorrente pel tubo, la qual diminuzione cerca egli di determinare. Or nell' atto, in cui scorre l' acqua per lo mezzo del tubo; egli è certissimo, che i filamenti acquei orizzontali contenuti nel tubo, e rattenuti dalla lastra apposta all' estremità del tubo, non posson trascorrere, esercitan tutti, contro le pareti della lastra, una pressione, porporzionata all' altezza dell' acqua del vaso, da cui son premuti, come nel numero superiore si è dichiarato. Se l' acqua del tubo fosse stagnante; egli pur certissimo, che tale pressione si propagherebbe verso ogni parti, e quindi anche contro le pareti del tubo; e vi si propagherebbe, perche l' azion della pressione, trovando da ogni parte ugual reazione, con questa uguale reazione, agirebbe ugualmente verso tutte le parti del tubo, e quindi contra tutte le pareti di esso. Ma se l' acqua si muova, e ben velocemente, per lo mezzo del tubo, o sia lungo il suo asse; la pressione, che si fa alla destra, per esempio, del tubo, in un qualunque filamento orizzontale; potrebbe propagarsi ai lati, coll' energia stessa, colla quale agisce contro la lastra oppostale in linea retta? Ecco un dubbio ragionevole. Perchè potesse agire, anche ai lati, contro le pareti del tubo; converebbe, che ai lati scontrasse la medesima resistenza dalle particelle laterali, che trova dalle particelle acquee, che in linea retta ricevon la pressione. Tutte queste sono immobili, se non partecipan colle scorrenti, e posson reagire con ugual forza a quella, con cui premonsi. Ma la forza, con cui premonsi dai lati, ancorachè trovasse dai contorni del tubo una resistenza uguale a quella, che trovano in linea retta dalla lastra, contro cui tendono, verso il mezzo tutto scorrente del tubo; come possono trovare una reazione uguale a quella, quando è imobile? Per provar questa reazione uguale; converrebbe, che le particelle scorrenti del fluido rimanesser così compresse dalle laterali, come rimangon compresse, quando sono immobili, e reagissero lateralmente, con una direzione orizzontale, e perpendicolare all' asse del cilindro, ov' è il massimo moto; e converebbe, che fossero in istato di comprimersi, e di reagire nella stessa linea, in cui son compresse, e contro le stesse parti comprimenti. E come posson prestare questi uffizi, tenendosi in moto, e sì violento? Non è dunque possibile, che contro le pareti del tubo siavi la pressione stessa, che quando l' acqua vi stagna, e quando per lo mezzo vi trascorre. E la diversità della pressione deve sicuramente dipendere dalla diversità della ripressione, o reazione delle particelle laterali. E dipendendo questa dal movimento, che ha l' acqua trascorrendo pel tubo, dalla quantità di questo moto si deve misurare la minor pres-

sione contro le pareti del tubo. L' Ab. Bossut si prefigge di dedurre lo scemamento di pressione nelle pareti del tubo, dalla diminuzione della velocità nel complesso del tubo, quando questo scarica soltanto l' acqua nel foro di mezzo Pag. 181. Tom. II.

VI. A questo suo intento, divide tutta l' acqua del tubo, dal principio, ove è connesso col vaso, fino ove ha la lastra, e lo sbocco; lo divide dissi, in tante fette o zone cilindriche, verticali, tutte uguali, e tutte parallelle alla lastra, che chiude l' esito del tubo. Trascurando l' affritto dell' acqua contro le pareti del tubo, asserisce, che tutti i punti, di ciascuna di queste zone cilindriche d' acqua, godon della medesima velocità, e ciò egli lo dice evidente. Or perchè abbia luogo questa evidenza, converransi prendere i punti di ciascuna zona, egualmente distanti dalla superficie dell' acqua del vaso; converrà prenderli tutti in linea orizzontale perchè, se prendansi separatamente in linea verticale; è evidente il contrario; cioè che quelli han maggiore velocità, che trovansi a maggior distanza dalla superficie dell' acqua, come stagnante nel vaso. Tutti dunque i punti di queste zone presi in linea orizzontale, e distanti tutti verticalmente in ugual modo dalla orizzontale dell' acqua del vaso, auran tutti la stessa velocità; ma questa velocità non sarà uguale, nè punti più rimoti dall' orizzontale dell' acqua stagnante, alla velocità dè punti più prossimi alla stessa orizzontale. Ammessa in questo senso l' uguaglianza della velocità nè punti acquei, che forman le infinite zone verticali del cilindro aequeo orizzontale; non vi è difficoltà ad ammettere, ciò ch' egli ne deduce, che ogni zona trovisi animata dalla stessa velocità, quantunque diversa in tutti i punti, che trovansi, a diverse altezze della superficie dell' acqua stagnante nel vaso: quando tutto l' acqua di queste zone, e non una sola parte debba aver moto uguale, per somministrar la occorrente al foro. Converrà però, a voler parlar giustamente, eccettuar l' ultime zone prossime allo sbocco, perchè in questo, concorrendo alla velocità anche i filamenti, che mettonsi in curve, e che forman la contrazion della vena, viene ad accrescersi la velocità nelle attinenze del foro, senza che questa in ugual modo possa influire alla veloeità delle zone più distanti, corrispondenti alla larghezza del foro.

VII. Ammette egli di più, che mentre l' acqua sgorga dal solo foro; tutta l' acqua entro il cilindro, benchè in tanta parte otturato, trovisi in movimento, anche la prossima alle pareti, e tale sia il movimento, che quant' acqua passa in dato tempo per la sezione contratta, altrettanta ne passi per l' intera zona verticale del cilindro: e con questa ipotesi

si dice, che la velocità nel sito della vena contratta, sarà alla velocità per la sezione intera della vena, reciprocamente, come l' area della vena contratta, all' area della sezione del cilindro, che tutta vuol supporre in moto, non una sola parte di essa.

VIII. Ma se il tubo non è di diametro molto angusto, non è permissibile, che muovasi tutta l' acqua delle zone verticali, in che dividesi il cilindro, cioè anche quella che non ne sente la chiamata. Egli è manifesto, che non deve muoversi, che quell' acqua contenuta nel cilindro, che è capace a mantenere lo sgorgo pel foro nella lastra, che chiude il cilindro, e che lasciasi aperto. Or a mantenere questo sgorgo, l' acqua, che più vi confluisce, si è quella della vena orizzontale, grossa, quanto il foro stesso. Questa, che trovasi in piena libertà, scorra colla velocità corrispondente all' altezza della stagnante nel vaso, come colla stessa scorre l' acqua, che sgorga dal foro, prescindendo dall' aumento, che qui si fa dalle curve, che anch' esse trovan esito pel foro. Deve dunque bastare l' acqua della vena orizzontale, scorrente per l' asse del cilindro, che è più larga del vero foro, ch' è nella vena contratta. Se qualche porzione di più vi si richiedesse al pieno sgorgo pel foro, basterebbe a supplirvi una piccola fascia di fluido, che vesta la vena scorrente, o sia il piccol cilindro acqueo, che corrisponde allo sgorgo, senza incomodare l' acqua, sì da esso lontana, che tocca, e approssima le pareti del cilindro. Quindi è, che se il foro è piccolo, e il tubo annesso è grande; l' acqua, vicina alle pareti di questo, non sentirebbe nè men la chiamata del foro: poichè a quella, che trasmette l' acqua pel foro, succede quella, che vi è cacciata dal corpo del vaso, e che, dai piccoli frammenti mescolati all' acqua, vedesi realmente discendere, prima verticalmente, e poi per curve, al foro nel modo esposto nel I. Tomo.

IX. Nè anche si può sospettare, che la velocità dell' acqua scorrente per la vena, nè col soffregamento, nè coll' attrazione, che tiene colle particelle della fascia, circondante la vena possa rapir seco tant' acqua, onde mettere in moto, anche la prossima alle pareti del cilindro, arrestata, e resa immobile, dai laterali del coperchio, che chiude l' estremità del cilindro. Se impiegasse tanta forza in questo effetto, nè la quantità dell' acqua sgorgante, nè la sua velocità non si proporzionerebbero alla quantità dell' acqua sopra il foro, cioè alla radice delle altezze. Se poi quest' acqua, ingorgata nel cilindro, si movesse anche presso le sue pareti; come si potrebbero avere i getti parabolici, in ragion dell' altezza dell' acqua stagnante nel vaso, che abbian veduti sortire dai forel-

ivi aperti appresso le pareti nella lastra, che chiude il cilindro?

X. Se in qualche cilindro molto angusto, per cui sgorgasse una vena rispettivamente assai voluminosa, onde per mantenere lo sgorgo, avesse moto anche l' acqua appoggiantesi alle pareti del cilindro; sarebbe egli questo un caso, per istabilire una Teorìa generale? Converebbe, non già supporre il moto di tutta la zona verticale, per cui scorra tant' acqua nel medesimo tempo, che serve per la vena contratta, di la del foro; ma trovare precisamente la grossezza, e il diametro di questa zona, per metter la velocità in ragione inversa delle loro Sezioni, o basi. Nel calcolo dunque del Bossut si previde il diametro di tutto il tubo, in vece del diametro della sola parte di zona, ch' entro il tubo si muove, nell' atto dello scarico. I miei discepoli di ciò instrutti, nel leggerlo non si lascieranno ingannare dall' espressione, se fosse dubbia; e in vece di tutta la zona verticale del cilindro, prenderan la parte sola di essa, che sarà altra zona più piccola, che somministra l' acqua al foro.

LEZIONE XXIV.

Sperimenti del soffregamento dell' acqua, da accordarsi colle Teorie.

I. Per determinare la forza dè soffregamenti dell' acqua, specialmente contro il fondo dè canali, pè quali si fa trascorrere; si è fatta una multitudine di sperimenti dal diligentissimo Ab. Bossut, che debbo insieme raccogliere, a varj usi importantissimi nella condotta dell' acqua. Ne darò i risultati, dè quali dovrem valersi, dopo la descrizione del suo apparato. Teneva egli un grandissimo vaso prismatico, capace a contenere l' altezza di molti piedi d' acqua. In una parete di questo vaso, presso al fondo, aveva lasciata, a sì dire, una finestra, capace di ammettere l' estremità di un tubo di legno ben forte, e pulito, largo nel suo interno 5. pollici, e colle sponde, o lati, non gran cosa alti, perchè non dovevano contenere, che poca altezza d' acqua. A questa finestra aveva adattata un acconcia usciara, per dar acqua al condotto, la quale alzavasi a piacimento, quanto appunto si voleva, e tenevasi ferma, e immobile in ogni altezza, ch' erasi prefissa. Dava al condotto quella cadente, che stimava opportuna, dall' incile all' emissario. Indi alzava l' usciara, or mezzo pollice, or uno, or uno, e mezzo, or più, ai diversi suoi intenti. Essendo il tubo, lungo da prima 105. piedi, lo

lo divise in tre parti uguali, e a ciascuna d' esse pose un osservatore, che notasse, a qual secondo, mancato da un orologio, arivava l' acqua, cioè al termine di 35. piedi 70., di 105. E così in quanti secondi vi giugneva un galleggiante, che si poneva sull' acqua, quando essa era giunta, col suo corso, al termine dè 105 piedi. Volle fare la stessa sperienza, sotto diverse altezze d' acqua nel conservatorio, ritenendo la stessa pendenza nel condotto, e la stessa acqua entro asso. Poi variò le cadenti del condotto, ed anche la quantità dell' acqua, che vi lasciava correre.

II. Avendo posto nel vaso piedi 11, e pollici 8 d' acqua, che vi si manteneva alla stessa altezza, senza metterla in agitazione, ed avendo dati 3. pollici di pendenza al condotto, e trasmettendo solo mezzo pollice d' altezza d' acqua, per la larghezza di 5. pollici dell' usciara, e del condotto; l' acqua I. percorse i 105 piedi del condotto in 37 secondi; II. ritenendo tutte l' altre circostanze, e mettendo la cadente del condotto, a 6. pollici, doppia della prima; l' acqua giunse al suo termine in 36 secondi, cioè un minuto secondo solo più presto, fenomeno certamente strano all' apparenza III. variando l' altezza dell' acqua nel vaso, e scemandola di 9. intieri piedi, percorse la sua strada in 44 secondi, e colla pendenza doppia di 60 pollici, in 43 secondi, qui pure un solo secondo più presto. IV. menomado ancora di 4 altri piedi la seconda altezza, e riducendola a piedi 3, e 8 pollici; l' acqua percorse tutto il canale de 105 piedi, mentre pendeva solo 3 pollici, in 58 minuti secondi crescenti, e mentre pendeva 6 pollici in 55 secondi, di 3 secondi crescenti più presto con una cadente doppia, che colla metà di essa.

III. Essendosi raddoppiata l' altezza dell' acqua trasmessa nel condotto, cioè dal mezzo pollice al pollice intero, onde l' usciara era alta, dal fondo del vaso, e del condotto, un pollice intero, e ritenendosi la pendenza del condotto, di pollici 6; I. l' acqua tramandata dall' usciara trascorse sotto piedi 11, e pollici 8, i 105 piedi in secondi 26, e sotto l' altezza di piedi 7, e 8 pollici in 32 secondi, e con l' altezza di piedi 3, e pollici 8, in secondi 41. II. Accresciutasi la pendenza del condotto ai 12 pollici, e ritenuta un pollice l' acqua trasmessa dall' usciara, vennero scorsi i 105 piedi, sotto i piedi 11, e pollici 8, in secondi 24 e mezzo, e sotto i piedi 7, e pollici 8, in 39. secondi e sotto l' altezza di piedi 3, e pollici 8, in secondi 38, un minuto secondo più presto, che sotto un altezza maggiore di 4 piedi. Accresciuta poi la pendenza del condotto fino ai due piedi, dall' incile all' emissario, e col solo pollice, trasmesso in altezza dall' usciara nel condot-

to

10, sotto l' altezza dell' acqua nel vaso di 11: 8, si trascorser dall' acqua i 105 piedi, in 22 secondi, e sotto l' altezza di piedi 7: 8, in 28 secondi, e sotto l' altezza di piedi 3: 8, in secondi 32, e mezzo.

IV. Accresciuta vieppiù la cadente del condotto fino ai 4 piedi, e ritenendo l' acqua pel suo incile, scorrente di un pollice, sotto l' altezza di piedi 11: 8 nel vaso, furon dall' acqua passati i 105 piedi della lunghezza del condotto, in secondi 20 e mezzo, e sotto l' altezza di piedi 7: 8, in 24 secondi, cioè un secondo e mezzo soltanto più presto di quello, che sotto la caduta di due piedi; e sotto l' altezza de piedi 3: 8, in 28 secondi, cioè 3 minuti secondi e mezzo più presto, che colla caduta di soli 2 piedi II. Aumentando la caduta del condotto fino a sei piedi, col pollice solo d' altezza d' acqua tramandata dal vaso, sotto l' altezza de piedi 11: 8, si trascorse tutto il condotto, in 18 secondi crescenti; e sotto i piedi 7: 8, in secondi 22 pure crescenti; e sotto i piedi 3: 8, in 37 secondi cioè secondi 8, e mezzo più tardi, che colla cadente di 4 piedi, mentre sembra, che dovesse trascorrersi più prestamente, attesa la maggiore caduta. III. Accrescendo ancor di vantaggio la cadente del condotto, fino ai 9 piedi, ma col solo pollice d' acqua scorrente sotto l' usciara, fu percorsa la lunghezza del condotto, in 17 secondi, stando l' acqua nel vaso alta piedi 11: 8, e in secondi 19 e mezzo, stando alta piedi 7: 8; e in semisecondi 45, essendo alta piedi 3: 8. IV. Con questa cadente dè 9 piedi, e con altra di 11 nel condotto, si è voluta provare la velocità dell' acqua corrente pel condotto, lasciando sol correre, al suo incile, un mezzo pollice d' altezza d' acqua, sotto l' altezza stagnante nel vaso di piedi 11: 8, e di piedi 11, senza gli 8 pollici. Nel primo caso fu percorsa la lunghezza del tubo del condotto, in semisecondi 58, e nel secondo, in semisecondi 59, colla differenza di un solo mezzo secondo. Sotto poi l' altezza dè piedi 7: 8 colla caduta degli 11 piedi, in 65 mezzi secondi; e sotto l' altezza dè piedi 3: 8, in 8 semisecondi. V. sotto l' altezza ancora di piedi 11: 8 nel vaso, lasciando correre un pollice intero d' acqua dall' usciara, e colla cadente del condotto di piedi 11; l' acqua giunse al termine del condotto, in semisecondi 46; e sotto l' altezza dè piedi 7: 8, in semisecondi 55; e sotto l' altezza dè piedi 3: 8, in 64 semisecondi. VI. Ma lasciando correre un pollice d' acqua dall' usciara, colla cadente stessa di piedi 11 nel condotto; questo fu trascorso sotto l' altezza di piedi 11: 8, in 41 semisecondi; e sotto l' altezza dè piedi 7: 8, in semisecondi 49, e sotto i piedi 3: 8, in 56 semisecondi.

V.

V. Ma è necessario di veder gli effetti della velocità dell' acqua pel condotto, aumentandosi la quantità dell' acqua trasmessa dall' usciara nel condotto dal mezzo pollice consueto al pollice, e da questo al pollice e mezzo. Stabilita I. la pendenza del condotto di piedi 10 e mezzo, e sotto l' altezza dell' acqua nel vaso di piedi 11: 8, lasciando correr dall' usciara mezzo pollice d' acqua, percorrevasi da questa la lunghezza del condotto, in semisecondi 22 e mezzo. Se lasciasi trascorrer dall' usciara un pollice intero d' acqua, percorrevasi tutto il condotto, in semisecondi 17 e mezzo; e se si lasciava trascorrere un pollice e mezzo, percorrevasi in 16 semisecondi, colla differenza sola di un semisecondo, e mezzo. II Quando l' acqua nel vaso era alta soli piedi 7: 8, colla cadente del canale di piedi 10 e mezzo, se l' usciara trasmetteva solo mezzo pollice d' acqua, questa giungeva al termine del canale in 24 semisecondi; se ne trasmetteva un pollice intero, percorrasi la lunghezza del condotto, in semisecondi 19 e mezzo; e tramandandone un pollice e mezzo, percorrevasi, in semisecondi 20 e mezzo. Dai 20 si cala ai 19, e da questi coll' aumento di mezzo pollice di più; invece di calare nel tempo, si cresce di un secondo. III. Stando l altezza dell' acqua nel conservatorio à piedi 3: 8, se si lasciava correre solo mezzo pollice d' acqua dall' usciara, giugneva questa al termine del condotto, in semisecondi 28 e mezzo; se sene lasciava correre al doppio, cioè un pollice, giungeva al termine, in semisecondi 22 e tre quarti; se ne lasciavasi correre il triplo, cioè un pollice e mezzo, vi giugneva, in secondi 20, e mezzo.

VI. A giudicare del merito di queste sperienze, convien confrontarle con altre più in grande. Invece di far percorrere all' acqua i piedi 105, le se ne son fatti percorrere 600, e questo tratto si è diviso in sei parti uguali di 100 piedi ciascuna; e poi si è tenuto conto, in quanti secondi siasi percorsa, dall' acqua scorrente dal solito vaso, ciascuna sesta parte. Il condotto però era della stessa larghezza, e altezza, e forma dell' usato nelle prime sperienze. Tenendosi l' acqua nel vaso a quattro piedi di altezza, e tenendo il canale nella cadente di una decima della linea, detta di livello, che vuol dire, d' una decima lunghezza del condotto, e l' usciara essendo alzata un pollice, percorse i 600 piedi in 217 secondi. Essendo alzata l' usciara 2 pollici, percorse l' acqua i 600 piedi, in 181 secondi. Tenendosi l' acqua nel vaso, alta soli due piedi, e mandando l' usciara un solo pollice d' acqua, percorse i 600 piedi, in secondi 242, e mandando 2 pollici, in secondi 203. Mettendosi un solo piede d' acqua nel vaso

vaso, e tenendosi alzata l' usciara di un pollice, giunse l' acqua alla metà del condotto, in secondi 76 e mezzo; e alzata l' usciara 2 pollici, in secondi 65, e mezzo. Posti soltanto 4 pollici d' acqua nel vaso, e alzandosi l' usciara solo un pollice, giunse alla metà del condotto, cioè al termine di 300 piedi, in 95 secondi; e alzata l' usciara 2 pollici, in secondi 79 e tre quarti.

VII. Sarà utile ancora il sapere, in qual tempo percorresse l' acqua i primi 100 piedi, e i secondi, e i terzi cento, e gli altri, nelle differenti altezze dell' acqua nel vaso, e dell' usciara, e in diverse pendenze del condotto. Stando l' acqua alta 4 piedi nel vaso, e pendendo il condotto una decima della sua lunghezza; i primi 100 piedi furon percorsi, in 10 secondi giusti, i secondi 100, in 10 secondi crescenti, i tarzi 100, in 11 calanti, e così pure i seguenti, ma i quinti cento, in 10 e mezzo secondi, e gli ultimi cento, i dieci secondi crescenti. II. Stando l' usciara alzata 2 pollici, i primi 100 piedi si percorsero, in 8 secondi; i susseguenti, in 9; i terzi cento, in 9 secondi anch' essi; i quarti, in 9 secondi scarsi, i quinti, in 8 crescenti; gli ultimi, in 9 scarsi. III. Essendo l' acqua alta nel vaso 2 soli piedi, e l' usciara alzata solo un pollice; il primo centinajo di piedi si percorse, in secondi 11; il secondo, in 12; il terzo, pur in 12; il quarto, in 11 crescenti; il quinto, in 12; il sesto, in 11. IV. essendo l' usciara alzata di 2 pollici dal fondo, il primo centinajo fu scorso, in 9 secondi; il secondo, in 10; così il terzo, e il quarto, e il quinto; e l' ultimo, in otto secondi. V. Stando l' acqua un solo piede alta nel vaso, e l' usciara alzata solo di un pollice, il primo centinajo dei 300 piedi fu trascorso, in 12 secondi; il secondo, in 13 e mezzo; il terzo, in 13 e mezzo anch' asso. Tenendosi l' usciara alzata 2 pollici, il primo centinajo di piedi fu trascorso, in secondi 11 scarsi; il secondo in 11; il terzo, in 10 e mezzo.

VIII. Nel condotto di soli 105 piedi, stando I. l' acqua nel vaso à piedi 11 : 8, ed essendo la pendenza del condotto di 3 pollici, tramandando l' usciara solo mezzo pollice d' acqua; i primi 35 piedi si percorsero, in 4 secondi; gli altri 35, in secondi 7 crescenti; i terzi, in 11. Essendo l' altezza dell' acqua nel vaso di piedi 7 : 8; i primi 35 piedi si percorsero dall' acqua, in 4 secondi crescenti; gli altri, in 10 crescenti; e i terzi, in 12. Coi soli piedi 3 : 8, i primi 35 piedi si passaron dall' acqua, in 6 secondi crescenti; gli altri 35, in 12, gli ultimi, in 16. II. Datesi la pendenza al canale di 6 pollici, e lasciato correre un pollice dall' usciara, sotto l' altezza di piedi 11 : 8, si percorsero i primi 35 piedi, in 3 secondi; i sus-

susseguenti, in 5; i terzi, in 7. Con piedi 7: 8 d' acqua nel vaso, i primi 35 piedi si passarono dall' acqua in 4 secondi; i seguenti, in 5; gli ultimi, in 11. Sotto l' altezza di piedi 3: 8; i primi 35 si trascorsero, in 5 secondi; i seguenti, in 8; gli ultimi, in 10. III. Accresciuta la pendenza al condotto, fino a un piede, sgorgano un pollice dall' usciara, sotto l' altezza di piedi 11: 8, in 3 secondi scarsi si passarono i primi 35 piedi; gli altri 35 piedi, in secondi 4 e mezzo; i terzi, in 6 e mezzo. Sotto l' altezza di piedi 7: 8, in 4 secondi scarsi i primi 35 piedi furon percorsi; in 5 crescenti gli altri 35; e in 7 gli ultimi. Coll' altezza di piedi 3: 8; in 5 scarsi i primi; in 7 crescenti i secondi; in 9 i terzi. IV Aumentando fino ai 2 piedi la cadente del condotto, e tramandando l' usciara un pollice, con acqua nel vaso di piedi 11: 8, si scorsero i primi 35 piedi, in due secondi crescenti; gli altri, che seguirono, in 5 calanti; i terzi, in 6 secondi. Coll' altezza di piedi 7: 8, i primi 35 furon passati, in 4 secondi scarsi; gli altri, in 5 scarsi, i terzi, in 7. V. Portata la cadente del condotto ai piedi 6, collo sgorgo di un pollice dall' usciara; i primi 35 piedi si percorsero, in secondi 2 crescent; i seguaci, in 4 scarsi; gli ultimi, in 4 interi, e ciò coll' acqua stagnante nel vaso in piedi 11: 8. Coll' altezza dè piedi 7: 8, i primi piedi in secondi 3 crescenti; gli altri, in 4 crescenti, i terzi, in 5 scarsi. Coll' altezza di piedi 3: 8; i primi, in secondi 4 crescenti; i seguaci, in 5 crescenti; i terzi, in 6 crescenti. VI. Portata la cadente del condotto ai piedi 6, collo sgorgo di un pollice dall' usciara; i primi piedi si trascorsero, in secondi 2 crescenti; i secondi, in 4 scarsi; gli ultimi, in 4 interi colla solita prima altezza dè piedi 11: 8 nel vaso. Coll' altezza dè piedi 7: 8; i primi 35 piedi passarono, in secondi 3 crescenti; i secondi, in 4 crescenti; i terzi, in 5 scarsi. Coll altezza dè piedi 3: 8; i primi piedi, in secondi 4; i secondi, in 5 scarsi; gli ultimi, in 5 scarsi anch' essi. VII. Colla caduta di 9 piedi del canale, e collo sgorgo di un pollice, e sotto l' altezza di piedi 11: 8, trascorsero i primi 35 piedi, in secondi 2 crescenti; que', che seguivano, in 4 scarsi; gli ultimi, in 3 scarsi. Sotto l' altezza dè piedi 7: 8; i primi 35 passarano, in secondi 3 crescenti; i seguaci, in 3 e mezzo scarsetti; gli ultimi, in tre e mezzo giusti. Coll' altezza nel vaso di piedi 3: 8; i primi 35, in secondi 4 scarsi; gli altri, in 4 scarsi; gli ultimi, in 4 scarsi. VIII Sotto questa cadente di 9 piedi, lasciando correr soltanto mezzo pollice dall' usciara, nell' altezza dell' acqua nel vaso di piedi 11: 8; i primi 35 si trapassarono (notisi bene) in mezzi secondi 9, per maggiore accuratezza; i seguenti, 35 in 10 pur semisecon-

di gli ultimi, in 11 semisecondi. Fatta la pendenza del canale di piedi 11, senza pollici di giunta, e diviso il condotto in cinque parti uguali di 21 piedi l' una; i primi 21 piedi passarono, in 2 semisecondi; gli altri 25 piedi, in 5 semisecondi; i terzi, in 5, e i quarti, pur in 5; e i quinti, in 4 semisecondi crescenti, e ciò sotto la prima altezza d' acqua nel vaso di piedi 11: 8. Sotto l' altezza di piedi 7: 8, i primi 21 piedi si trascorsero, in semisecondi 3 crescenti; gli altri 21, in 5 crescenti; i terzi 21, in 5 crescenti; e così costantemente tutti gli altri. Sotto poi l'altezza dè piedi 3: 8, i primi 21 piedi si trascorsero, in semisecondi 4 crescenti; e tutti gli altri 21, delle altre quattro divisioni, in 6 semisecondi. X. Ritenuta la cadente nel condotto degli 11 piedi senza pollici, e lasciando sgorgare un pollice intero d' acqua dall' usciara, sotto l' altezza d' acqua di piedi 11: 8; i primi 21 piedi passarono, in 2 semisecondi i secondi 21, in 3 semisecondi; i terzi, quarti, e quinti 21 piedi, in 4 semisecondi giusti. Sotto l' altezza di piedi 7: 8; i primi 21 piedi si scorsero, in semisecondi 3 crescenti; i secondi 21, in 4 semisecondi scarsi, ma i terzi, quarti, e quinti in 4 semisecondi giusti. Coll' altezza dell' acqua nel vaso di piedi 3: 8, e i primi 21 piedi si passarono, in 3 semisecondi; i secondi, e terzi 21, in 5 semisecondi, ma i quarti e i quinti 21 piedi, in 4 scarsi. XI. Colla stessa cadente del condotto di 11 piedi senza pollici, lasciando correre dall' usciare solo mezzo pollice, coll' acqua nel vaso di piedi 11: 8, i primi 21 piedi si trascorsero, in 2 semisecondi; gli altri 21, in 3 semisecondi; i terzi 21, in 3 semisecondi crescenti; i quarti 21 piedi, in semisecondi 4 scarsi; e i quinti, in tre crescenti. Coll' acqua alta nel vaso piedi 7 8, i primi piedi 21 furono passati dall' acqua, in semisecondi 3 scarsi; gli altri 21, in tre crescenti; i terzi 21, in 4 scarsi; i quarti 21, in 3; i quinti, in 4 scarsi. Coll' altezza di piedi 3: 8, i primi 21 piedi passarono, in semisecondi 3 crescenti; e i secondi 21, in 4 calanti; i terzi 21, in 4 crescenti, ma gli altri 21, in 5 semisecondi.

Oltre l' uso, che si farà di questi sperimenti, gli ho voluti porre per intero, per dar un soggetto di osservazioni curiose a miei discepoli, nelle quali troveran molto interesse, nel far altre dotte riflessioni, ch' io avrò omesse, fidandomi, che non isfuggirebbero al loro studio, e che lor porteranno un vivissimo piacere.

LEZIONE. XXV.

Quanto operi la resistenza del fondo, nella velocità dell' acqua scorrente, secondo la diversa altezza d' acqua nel vaso, e colla stessa cadente

cadente di condotto.

1. Da questi sperimenti si può dedurre, quanto le resistenze del fondo, urtato in essi, operino a scemare le velocità diverse dell' acqua corrente, cioè prima nelle diverse altezze, che la animano, sotto una stessa cadente di fondo, e passando sempre la stessa quantità d' acqua pel condotto. Si vedrà poi quanto influiscono variando la cadente del fondo, e la quantità dell' acqua, che si lascia scorrere sul fondo stesso. Al presente nostro intento, noi sciegliamo gli sperimenti, nè quali si è lasciata correre la minor quantità d' acqua nel condotto, che é quella di mezzo pollice solo, sotto tre diverse altezze d' acqua, e sciegliam prima il condotto più corto di soli piedi 105, e la minor pendenza, di soli 3 pollici del condotto, che non é, ne anche un terzo di linea per ogni piede di lunghezza; la qual poca pendenza lascia campo maggiore alla resistenza del fondo, e dè suoi lati, scorsi dall' acqua. Cercheremo da prima, quanto influiscano le resistenze su tutta la lunghezza del condotto, di 105 piedi, per poi determinarla, se sarà possibile, sopra parti uguali, in cui si dividerà tutto il condotto. Questi sperimenti li trarremo dal numero 11 della Lezione precedente. Essendo l' altezza dell' acqua nel vaso di piedi 3: 8; i 105 piedi furon percorsi dall' acqua alta mezzo pollice al piè dell' usciara, in secondi 58. Posta l' altezza dell' acqua nel vaso a piedi 7: 8; si trascorsero dall' acqua i 105 piedi, in 44 secondi; e coll' altezza nel vaso di piedi 11: 8, si trascorsero in 37 secondi. In questi sperimenti la velocità è tanto maggiore rispettivamente, quanto son minori i tempi impiegati a percorrere i 105 piedi. Se volessimo in massa sapere, quanti piedi percorreva l' acqua ogni secondi di tempo, supponendo, che in uguali tempi percorresse spazi uguali nel condotto, come in varj almeno di essi vedremo avvenire; basterebbe dividere i piedi 105, pei secondi impiegati a percorrerli, nelle diverse velocità, dipendenti dalle diverse altezze dell' acqua nel vaso, che le produceva. Dividendo dunque i 105 piedi pei secondi 58 impiegati a trascorrerli, sotto i piedi 3: 8 d' acqua nel vaso; noi auremo, che l' acqua ogni secondo percorreva piedi 1, e 9 pollici, e 5 ottave di pollice. Dividendo in seguito i 105 piedi pei 44 secondi, messi a percorrerli, sotto l' altezza d' acqua nel vaso di piedi 7: 8; si aurebbe, che l' acqua, ogni secondo di tempo, percorreva piedi 2, e quasi 2 pollici. Dividendo infine i 105 piedi pei 37 secondi, impiegatisi a trascorrerli, sotto l' altezza de piedi 11: 8 d' acqua nel vaso; si aurebbero piedi

3 e una trentasettesima di piede, che equivale a quasi 4 linee, ogni secondo. Ecco dunque le tre diverse velocità prese in massa. Sotto l' altezza dè piedi 3: 8 l' acqua non percorreva, che piedi 1, 9 pollici, ogni minuto secondo di tempo. Sotto l' altezza di piedi 7: 8 percorreva a piedi, e quasi i 2 pollici. Sotto l' altezza di piedi 11: 8, percorreva piedi 3 eresecenti. Le velocità dunque sono tra loro, come sono tra loro i numeri dè piedi sopradetti, da essa percorsi in un secondo.

II. Ma ciò non basta. Egli è certo, che l' acqua deve correr meno, sotto minori piedi d' altezza nel vaso; e qui si deve cercare, quanti meno ne corresse in grazia delle resistenze del fondo, e dei lati. Convien dunque far prima il calcolo, quanti piedi dovesse correre al secondo, sotto diverse altezze, prescindendo dalle resistenze del fondo. Nel I. Tomo se ne son già date le regole. Per esprimere le velocità, prendonsi le radici delle altezze, nella supposizione, che le vene contratte sieno uguali, come noi qui possiamo supporre prendendo ora l' esamina all' ingrosso. Quali saran dunque tra loro le radici delle altezze, tali saranno le velocità dell' acqua sgorgante nel condotto; e la differenza tra esse, e tra le velocità trovate negli sperimenti si douranno attribuir alle resistenze del fondo, nell' ipotesi, che l' acqua pel condotto acceleri in ragione dell' acceleramento, che ha cadendo liberamente. La radice di piedi 3: 8, cioè di 44 pollici sarà quasi 7 pollici. La radice di piedi 7: 8, cioè di pollici 92 è quasi 10 pollici. La radice di piedi 11: 8, cioè di pollici 140, é quasi 12: così all' ingrosso. Dunque nel primo caso senza gl' impedimenti del fondo, dourebbe essere come 7 nel tempo del secondo impiegato a cadere da quell' altezza; nel secondo caso, come 10, nella porzione del secondo, che potrebbe accadere liberamente dall' altezza 7. 8; nel terzo caso come 12. Facendo poi questa analogia, se cadendo da 140 pollici, percorrerebbe 12; da un altezza di 15 piedi, cioè di pollici 180, percorrerebbe 15, e questi 15 sarebber piedi percorsi in un secondo. Possiam dunque assumere, che nella prima porzione di secondo, la velocità dell' acqua entrante nel condotto, sia abile a percorrere 7 piedi, nella seconda a percorrerne 10, e nella terza 12, onde 15 in un secondo intero. Ma in questi calcoli, noi supponiamo, che l' acqua percorra i 7, 10, 12, 15 piedi, cadendo liberamente e siam nel caso, che non cade liberamente, per una perpendicolare, ma vien cacciata orizzontalmente. Nulla di meno, siccome vien cacciata dalla forza stessa dell' acqua soprastante, entra certamente nel condotto colla stessa cacciata, con cui sortirebbe da un foro orizzontale

nel

nel fondo di un vaso. Ma nei 7 piedi, che perpendicolarmente cadendo percorerebbe, vi è compresa la velocità che acquista nell' attual caduta, onde dal zero del moto con questa velocità, in un secondo viene a percorrere lo spazio di 15 piedi. Noi nel nostro caso d' un condotto quasi orizzontale non possiamo ammettere un accelerazione, come nel moto libero perpendicolare. Ciò è verissimo, ma è altresì indubitabile, che l' acqua entra nel condotto, con quella velocità, che aurebbe acquistata dopo la caduta dall' altezza dell' acqua del vaso, onde possiam presumere, che l' acqua entri nel condotto colla velocità stessa, di percorrere i 7 piedi, e 9 pollici nel tempo, che aurebbe impiegato, a discendere dall' altezza dell' acqua mantenuta nel vaso. Nel percorrere anzi questi primi piedi 7, in vista anche della velocità, che le si accresce dalle curve confluenti alla contrazion della vena, possiamo assumere, che l' acqua percorra i 7 piedi, e 9 pollici, come cadendo liberamente. Dopo questi poi le scabrezze del fondo, e anche dei lati debbon diminuir la velocità.

III. Ma come in tutti questi sperimenti, il più corto tratto di canale trascorso è di piedi 21; noi non possiamo con questi paragonare i soli piedi 7 della velocità naturale dell' acqua, non debilitata dall' attrito. Converrebbe ridurre il tempo dello sgorgo del acqua, per tutta la lunghezza del condotto, in porzioni di secondi uguali a quella, nella quale l' acqua ha acquistata la velocità, con cui entra nel condotto, e dividere il tempo marcato in secondi, in dette porzioni di secondo. Quantunque ciò non sia difficile ad eseguirsi; qual parte di secondo dell' acqua, che soffre le resistenze, si sceglierà da paragonare colla parte di secondo della naturale velocità dell' acqua? Si dovrebbe dividere tutti i secondi, nè quali è stato percorso tutto il canale, per esempio in terzi di secondo, e prendere lo spazio percorso dall' acqua in uno di questi terzi, in piedi e pollici, per paragonarli coi piedi, scorsi dall' acqua nel suo terzo di secondo, in cui ha acquistata la velocità, con cui ha fatto il suo ingresso nel condotto. Ma il terzo del secondo del corso dell' acqua sotto le resistenze, sarebbe un medio tra tutte le resistenze, sotto le quali l' acqua veramente ritarda, e sotto alle quali si é ridotta alla uniformità, come in molti tratti di condotto, ci avverrà di dover marcare. Non aurem dunque, che un risultato, su cui non poter fare il fondamento necessario a dedurre niuna sicura conseguenza teorica. Basterà aver conosciuto il metodo con cui si dovrebbe procedere in questa ricerca, e ci studiaremo invece, di dedurla da altre considerazioni.

IV. Si è preteso di determinare la diminuzione della velocità

locità naturale dell' acqua, che vien fatta dà soffregamenti del condotto, notando prima il tempo, che mette l' acqua a percorrer tutto il canale, superando mano mano gl' impedimenti, che incontra; e poi ponendo sull' acqua, gia corrente, e stabilita, come credesi, nel suo corso, alcuni galleggianti, all' incile del condotto, e notando diligentemente i secondi, o semisecondi, nè quali trascorron diversi tratti uguali, nei quali si è diviso. Il minor tempo, che mettono i galleggianti nello scorrere le diverse parti del condotto, cioè minore di quello, che vi ha speso la prima acqua nel vincer le resistenze, fa loro credere, che possa determinare la velocità, che, perde l'acqua, nel vincerle, cioè pel soffregamento, che, deve fare contro il fondo, e i lati del canale, pretendendo che i galleggianti, o sia l' acqua superiore, che gli trasporta nulla non risenta le resistenze del canale, che soffre l' acqua, che immediatamente vi passa sopra. Le sperienze son le seguenti. I. Tenendosi l' acqua nel vaso agli 11 piedi, e 8 pollici, e data al condotto, lungo piedi 105, la cadente di piedi 10, e mezzo, e lasciandosi correre, dall' incile di quello, un solo mezzo pollice in altezza d' acqua, per la larghezza di piedi 5; poiche l' acqua fu giunta al termine del condotto, in 22 semisecondi, 4 pezzetti di sughero, posti sull' acqua corrente all incile del condoto, giunsero all' emissario, e quindi lo scorsero tutto, in soli 19 mezzi secondi. Ristretta l' altezza dell' acqua nel vaso, à piedi 7, pollici 8; giunse la prima acqua al fine del condotto, in 24 semisecondi, e i 4 pezzetti di sughero, in semisecondi 21. Coll' altezza dell' acqua nel vaso di soli piedi 3, e pollici 8; l' acqua sola passò il condotto intero, in semisecondi 28 e mezzo, e i sugheri, in 25. II. Lasciato correre dall' usciara un pollice intero, colla stessa cadente del condotto di piedi 10 e mezzo, sotto l' altezza dell' acqua nel vaso di piedi 11: 8; la prima acqua impiegò a percorrere tutto il condotto, semisecondi 17 e mezzo e i 4 pezzi di sughero ve ne impiegareno soli 14 e mezzo. Sotto l' altezza di piedi 7: 8 la prima acqua giunse al termine del condotto, in semisecondi 19 e mezzo; e i sugheri, in soli 16. E coll' altezza dè piedi 3: 8, l' acqua fece il suo viaggio in semisecondi 22 e tre quarti, e i sugheri, in soli 19. III. Lasciando correr dall' usciara un pollice e mezzo d' acqua, sotto l' altezza della stagnante di piedi 11: 8; la prima acqua pervenne al fine del condotto in semisecondi 16, e i sugheri, in 13. Sotto l' altezza di piedi 7: 8, l' acqua compié il suo corso, in semisecondi 17 e mezzo, e i sugheri, in 14 e mezzo. Coll' altezza di piedi 3: 8, l' acqua terminò il suo corso, in semisecondi 21 e mezzo e i sugheri in 17.

V.

V. Si volle estendere gli sperimenti in un condotto molto più lungo; fino cioè 600 piedi. La cadente che vi si diede, diecsi una decima della linea di livello dall' emissario all' incile, cioé la decima di 600 piedi, che darebbe una pendenza di piedi 60 cioé una pendenza di 10 piedi, ogni 60 piedi, ossia 20 mezzi piedi, ogni 60 piedi, ossia 20 volte 6 pollici, ogni 60 piedi, ossia 60 volte 2 pollici, ogni 60 piedi; dunque la cadente di 2 pollici per piede. Dunque la cadente è di 120 pollici in 600 piedi; ma 120 pollici fan 10 piedi, e 10 sta 60 volte in 600. Dunque 2 pollici per piede, forman la decima della pendenza assunta del canale. Nel vaso si tenne l' acqua 4 piedi, e se ne fece scorrere dall' usciara, prima un pollice in altezza, indi due pollici, e si divise la lunghezza del condotto 600, in sei parti uguali, di 100 piedi l' una. L' acqua scorrente, un solo pollice in altezza, si chiamerà il primo caso, e la scorrente 2 pollici in altezza, il secondo caso. Dunque nel primo caso percorse l' acqua i primi 100 piedi dei 600, in 10 secondi; e nel secondo caso, in 8; e i sugheri, nel primo caso, scorsero i primi 100 piedi, in 8 secondi, e nel secondo, in 7. I secondi 100, nel primo caso, si percorsero dall' acqua, in secondi 10 crescenti, e nel secondo, in 9; e dai sugheri nel primo caso, in 9 secondi, e nel secondo, in 7, e mezzo. I terzi cento piedi si passaron dall' acqua, in 11 secondi, nel primo caso, e nel secondo, in 9; e dai sugheri nel primo caso, in 9, e nel secondo, in 7 e mezzo. I quarti 100 si passaron dall' acqua nel primo caso, in secondi 10 e mezzo, e nel seconde, in 8; e i sugheri nel primo caso, in 8 crescenti, e nel secondo, in 8. Ed eccoci giunti ad un moto uniforme, come sopra si è accennato. I quinti 100 nel primo caso si trapassarono, in secondi 10 e mezzo dall' acqua, e nel secondo in 8; e dai sugheri nel primo caso, in 8 crescenti, e nel secondo, in 8 giusti. Poi ci leviamo dall' uniformità, perché i sesti 100, dall' acqua si scorsero nel primo caso, in 10 secondi, e nel secondo, in 9; e dai sugheri nel primo in 9, nel secondo, in 7. Tutti poi i 600 piedi furon dall' acqua trascorsi, nel primo caso d' un pollice d' acqua scorrente, pel condotto, in secondi 217 e mezzo, nel secondo dè due pollici scorrenti, in 188; e dai sugheri nel primo caso in secondi 181, e nel secondo, in secondi 153, e mezzo.

VI. Sotto l' altezza d' acqua nel vaso di piedi 2, collo sgorgo prima di un pollice sotto l' usciara, poi di due; l' acqua passò i primi 100 piedi della lunghezza del condotto in 11 secondi nel primo caso, e di 9 secondi nel secondo; e i sugheri nel primo caso, in 10 secondi, e nel secondo caso, in 8 calanti. I secondi 100 piedi li passò l' acqua nel primo caso in 12

in 12 secondi, e nel secondo, in 10; e i sugheri nel primo caso, in 10 secondi, e nel secondo, in 8 crescenti. I terzi 100 piedi l' acqua li passò nel primo caso, in 12, e nel secondo, in 10; e i sugheri nel primo, in 10 nel secondo, in 8. I quarti 100 piedi l' acqua gli percorse nel primo caso, in 11 crescenti, e nel secondo, in 10, e i quinti, in 12 calanti, e in 10; e i sugheri nel primo caso, in 11, nel secondo, in 8. I sesti 100 nel primo caso dall' acqua, in 11 secondi, nel secondo, in 9, e dai sugheri nel primo caso, in 9 secondi, nel secondo, in 8. Tutti poi i 600 piedi furon dall' acqua in complesso passati nel primo caso, in secondi 248, e nel secondo in 207, e dai sugheri nel primo caso, in secondi 207, e nel secondo in 168.

Tenendo l' usciara alta un pollice nel primo caso, e due pollici nel secondo, coll' altezza d' acqua nel vaso di un solo piede, in un canale lungo soltanto 300 piedi, e colla cadente di una decima di 300, cioè di 30 piedi. Se 300 piedi ha 30 piedi di caduta; la terza parte di 300 aurà la terza parte di 30, cioè 100 ne avran 10, e la decima parte di 100, che è 10, aurà di cadente un piede, che è la decima parte di 10. I primi 100 piedi si percorsero dall' acqua, in 12 secondi crescenti nel primo caso; e nel secondo, in 11 scarsi; dai sugheri, in 12 nel primo caso, e in 9 nel secondo. I secondi 100 dall' acqua, in 13 e mezzo nel primo, e in 11 nel secondo; e dai sugheri, prima in 11, poi in 9. I terzi cento dall' acqua, prima in 13, e mezzo, poi in 10, e mezzo; e dai sugheri nel primo caso, in 10 calanti, nel secondo, in 9 pur calanti. E tutti i 300 l' acqua li trascorse nel primo caso, in secondi 76 e mezzo, e nel secondo, in 65 e mezzo, e i sugheri nel primo, in 68 secondi, e nel secondo, in 54.
Anche colla sola altezza d' acqua di 4 pollici, lasciando prima sortir un pollice dall' usciara, poi 2; l' acqua percorse i primi 100, in 15, poi, in 13 e mezzo; e i sugheri, in 13, poi, in 12 e mezzo. I secondi 100 l' acqua prima li passò, in 16 secondi, poscia, in 13, e un quarto; e i sugheri prima, in 13 e mezzo, poscia, in 11, e mezzo. I terzi 100 dall' acqua nel primo caso, in 16, nel secondo, in 14 e mezzo; i sugheri nel primo, in 13, nel secondo, in 10 e mezzo. Tutti poi i 300 di seguito l' acqua li passò nel primo caso, in 93 secondi, nel secondo, in 79 e tre quarti; e i sugheri nel primo, in 79, e nel secondo, in 68.

VII. In questi sperimenti si è cercato saggiamente di sapere, prima la velocità dell' acqua, nell' atto di vincere le resistenze del fondo; e poi, dopo che è sembrato, che le abbia vinte, ponendovi allora i sugheri. Ma convien intenderci

derci bene. Non é gia, che la seconda acqua, quella cioè alla superficie, che porta i sugheri, non abbia anch' eſsa a vincere della resistenza del fondo, come ha fatta la prima. Sempre lo stesso pollice d' acqua trasmeſso dall' uſciara deve scorrere tutti i 300, o i 600 piedi del canale, come han fatto que' che son preceduti. Ma se i primi han trovata qualche cauità nel fondo, se non l' han colmata, si hanno appianata una qualche parte, e i secondi pollici corron sopra qualche porzione d' acqua, in vece di correre sopra il nudo legno del fondo del canale, come han fatto i primi. Questi secondi pollici, se incontran altezze, non riescon loro si sensibili, se l' acqua precedente abbia occupata qualche cauità alla lor baſe, che dava maggior risalto alle asprezze, trovando queste men ruide, per particelle acquee insinuatesi né loro pori esterni, riuscivan men violente, è gl' incontri de' filamenti, rotti con altri, in grazia di queſti intoppi, eran più dolci, e formandosi minore sconvolgimento nel moto; meno di questo ne andava perduto. L' acqua ancora, che scorreva sopra essi, restava meno disturbata dal suo corſo, e ubidiva più alla forza dell' acqua premente. Ma se i secondi pollici, che succedevano ai primi, non dovevan vincere tutta la resistenza, che avevan superata i loro antecessori; ne soffiivan però anch' eſsi la lor parte, e questo doveva in proporzione debilitare il loro moto, ed anche degli strati superiori, che dovean impiegar parte della lor forza progressiva, a vincere la lentezza delle particelle ſoggette, che le ſostenevano. Quanto però era più alta l' acqua nel canale colla maggior sua preſsione, e velocità dovuta alla stessa, tanto più facilmente dovea ajutar l' acqua soggetta a sbrigarsi dalle irreſoluzioni, e imbroglj, nei quali le asprezze, e gli angoli, con che i filamenti urtavansi la ponevano. Anche la velocità superiore accresciutasi dovea influir sull' inferiore. Ma non ostante tanti ajuti, non poteva l' acqua dei secondi pollici scorrenti succeduti ai primi non sentire anch' essa gl' impedimenti al suo moto. Le sponde laterali del condotto, alle quali striciava l' acqua, agivano ad un modo simile, come il fondo: e quanto più tenevasi alta l' acqua nel condotto, maggiori resistenze opponevansi al corso laterale, perche l' acqua urtava in maggiore altezza delle scabre pareti. E dove sul fondo la maggior altezza dell' acqua accresceva in maſsa la velocità, al contrario alle sponde la maggior altezza dell' acqua operava maggiori ritardi alla velocità. Questo ritardo ai lati del canale aurà fatto, che l' acqua vi si farà tenuta più alta, che nel mezzo, per la minor velocità, che tiene ai lati, e per vincer colla forza della preſsione, nata dalla maggior altezza, la resistenza, che vi incontrava.

VIII. Spiacemi, che in questi sperimenti non siasi presa cura di notare l' altezza a che tenevasi l' acqua sul fondo del canale, sotto le diverse pendenze di eſso, e nelle diverse quantità dell' acqua, che vi si faceva scorrere, e sotto le diversi preſsioni di quella del vaso che produceva la velocità. Quanta più sottile l' acqua rade il fondo; le asprezze di questo si comunican più a tutta la massa, fino alla superficie, prescindendo dalla forza, che avrebbe a vincerle. La nota di tale altezza avrebbe ancora potuto mostrare, fin dove la velocità dell' acqua, nell' aſsottigliarsi, era superiore alle resistenze del fondo, e ove le resistenze del fondo agivan piu ſulla velocità, se l' acqua mantenevasi nell' altezza, a cui defſluendo erasi posta, o se cresceva sopr' eſsa. Non negherò, che non sia difficile il prender esattamente tali misure, ma non è impossibile il prenderle in un modo, che dia qualche differenza sensibile, nel altezza dell' acqua scorrente, in distanze notabili nel condotto. Aurei anche amato di sapere, come i sugheri viaggassero per l' acqua e I. se ſoprastassero ad essa, o colla loro superficie si tenessero al livello dell' acqua. Se, per necessità di lor leggerezza; avessero ſoprafstato all' acqua; egli é infallibile, che nell' essere trasportati dall' acqua, dovevano urtare, in tanto volume d' aria, quanto se ne opponeva alla parte soprastante del sughero. Quest' aria doveva eſppelersi di sito dal sughero, se per essa doveva innoltrare. Qualche moto aurà avuto l' aria alla superficie dall' acqua corrente, comunicatole da questa. Ma questo moto, ed uguale a quello dell' acqua non poteva averlo lo strato intero dell' aria, che investiva il sughero. Dunque il sughero doveva impiegar parte della sua velocità nell' espeller l' aria. Dunque il tempo impiegato a percorrer la lunghezza del condotto, e i diversi tratti di esso, non avrebbe indicata la intera velocità, ma il residuo dell' impiegata, a vincer la resistenza dell' aria. Siccome poi l' aria in diversi tempi è diversamente pesante, sarebbe ſtata nesessaria ancora l' osservazione del Barometro, per vedere, in quali sperienze i sugheri dovevan impiegare maggior parte della lor velocità, ad eſpeller l' aria di sito, per progredire. Sarebbe anche stato vantaggioso in II. luogo l' oſservare, se i pezzetti di seghero, nel lor moto progressivo; o deviaſsero dalla prima linea di direzione intrapreſa, onde, in vece di una retta, ne descrivesser molte, che si unissero ad angoli, nel qual caso la loro strada sarebbe stata piu lunga di quella del canale; oppure se mai girassero nel loro cammino, atorno al loro centro. In queſto caso è pur paleſe, che la parte di velocità, che impiegavasi nel moto turbinoso, era levata alla forza progressiva. La cognizione anche della grossezza dé sugheri avrebbe levato qualche scrupolo; che avrebbe avuto

luogo

luogo, quando l' acqua nel canale scorresse molto sotile, per assicurarsi, che le resistenze del fondo, oltre agir nell' acqua superiore ad esso, non agisero anche ne' sugari.
Con queste riflessioni apparirà a tutti certissimo, non potersi dai detti sperimenti trar niun fondamento a precisare, quanto di velocità nell' acqua faccia perder l' affritto di essa nel fondo; e nei lati de condotti, o canali, ove corre. I miei discepoli vi troveranno per cio delle incongruenze, ch' essi sapranno spiegare coi difetti intrincesi che inchiudano. Quindi stimiam inutile il confrontarli

LEZIONE XXVI.

Quanto la velocità aumenti, aumentando la cadente.

I. Non si puo dubitare, che la velocità d'un acqua corrente, che dipende dalla stessa altezza di quella rattenuta in un conservatorio, non debba aumentare, aumentandosi la pendenza del canale, in cui trascorre; quando tengasi in esso ad altezza sufficiente a vincere le resistenze del fondo, e delle sponde. Dagli esposti sperimenti si vuol dunque dedurre, se sia possibile, di quanto aumenti la velocità, aumentandosi la cadente del canale, nel complesso della velocità, che ottiene dall' acqua del conservatorio, che la spinge, che per ora vuol assumersi uguale, nelle diverse cadenti. Invece di qui cercare la velocità dell' acqua, dalla massa tramandata dal condotto, come farem poi, nelle diverse pendenze, si vuol desumerla dal tempo impiegato dall' acqua, o dai galeggianti, a percorrere, o alcune parti, o tutto intero il canale. Sappiam di certo, che una velocità é tanto maggiore di un altra, quanto minor tempo impiega l' una a percorrere un determinato spazio, di quel, che impieghi l' altra. Se un acqua percorrere 30 pertiche in un minuto, e un altra le percorra in mezzo minuto; questa è al doppio piu veloce, perche ha impiegata solo la metà del tempo postovi dall' altra; perche se vi avesse impiegato tutto intero il minuto; aurebbe in esso percorse 60 pertiche. Se altr' acqua in un minuto percorre 300 braccia, e un altra le percorre in 3 minuti; la prima sarà tre volte piu veloce della seconda. Dunque su questi principj confrontando i tempi, nè quali si percorre dall' acqua la lunghezza del condotto, o alcune parti di esso, sotto una fissata cadente, coi tempi, nei quali sotto altra cadente si trascorre o tutta, o simil parte di detta lunghezza; dovrebbe risultarne l' aumento di velocità, sotto la maggior cadente, o il decremento, sotto la minore. A questo confronto in due modi si puo perve-
nire

nire, o confrontando il tempo impiegato dall' acqua sola, ad arrivare al termine di un prefisso spazio, nell' atto, ch' esso supera le resistenze, che incontra per viaggio; o confrontando i tempi impiegati da un galleggiante, opportuno all' intento, che incomincij a correr pel condotto, poiche l' acqua l' ha gia tutto trascorso, e superata, almen parte delle resistenze del fondo, su cui corre. Per conoscer meglio la verità, intraprenderemo l' uno, e l' altro: a motivo, che le velocità primitive dell' acqua, che vince le resistenze, posson differire tra loro, piu che le velocità, che chiamerem permanenti, perche han gia vinte le resistenze, e sono soggette a minor soffregamento di quello, che han incontrato, e vinto le prime.

II. Ma prima di tutto convien rischiarare un dubbio, che può nascere sulla lunghezza del canale. Se un acqua comincia dal zero del suo moto all' incile del condotto; la vera lunghezza del canale percorso comincia all' incile. Ma se l' acqua, entrando nel incile, avesse, in potenza, una velocità dovuta alla pressione diversa dell' acqua stagnante nel vaso; converebbe trovare, al di sopra dell' incile (sempre gia in linea retta col fondo inferiore all' incile) vn punto, che determinasse la lunghezza da aggiunersi al principio del condotto, proporzionata alla velocità, con cui comincia a scorrer per esso, e trovare ancor la vera altezza, e situazione imaginaria del principio dell' incile, da cui scedendo l' acqua, acquistasse, colla discesa imaginaria da esso, quella velocità, che tiene l' acqua, all' incile attuale del fondo del condotto, dalla pressione della stagnante nel vaso. Trovato questo punto, la vera lunghezza trascorsa dall' acqua, colla velocità, che tiene all' affacciarsi all' incile del condotto aggiunto al vaso, sarebbe, oltre la lunghezza attuale del condotto, quella ancora, che vi converebbe aggiungere dall' incile attuale, al punto trovato sulla direzione del fondo del condotto, protratta all' insù. La maniera Idravlica, di determinare tale allungamento del fondo del condotto all' insù, è facilissima, e spiegabile, senza bisogno di figura, che aiuti a concepirla. Tirisi un orizzontale alla superficie dell' acqua stagnante nel vaso, ma indefinita, verso la parte, alla quale si deve prolungare il fondo del condotto. Allunghisi la linea del fondo del condotto allo insù, finchè vada a tagliare la linea orizzontale, che si è condotta. Il punto, ove si farà il taglio delle due linee, sarà il punto del vero principio del canale, ove si concepirebbe l' acqua muoversi, con zero di velocità iniziale, fino al principio attuale del condotto, e da cui avrebbe acquistata quella velocità, colla quale, in grazia della pressione dell' acqua soprastante, entra nel incile del condotto. La vera lungezza adunque di condotto, trascorsa dall' acqua

ne

nè varj sperimenti, con diverse altezze d'acqua nel vaso, deve desumersi dal punto, ove comincierà la linea, da aggiunersi superiormente al fondo del condotto, che riuscirà più lunga, quanto maggior altezza mantengasi nel vaso. Se poi dal termine estremo del condotto, si sollevi una verticale, che vada ad incontrar l'orizzontale indefinita, prolungata anche verso l'emissario del condotto; l'altezza di questa linea, cioè dall'orizzontale, al estremità del condotto, darà l'altezza totale dell'acqua, che agisce fin sull'emissrio del condotto: ed è palese, che quanto maggior altezza d'acqua si terrà nel vaso; più lunga sarà tal verticale. E siccome la velocità dell'acqua, premente sul principio vero del condotto, non patisce niun soffregamento di fondo, non essendovene alcuno, su cui realmente strisci; così per tutta la linea del fondo aggiunto, si deve concepire, che sopra esso fondo imaginario non soffra l'acqua niun soffregamento. Tutto dunque il soffregamento procederà dal vero fondo del condotto, e nulla dall'equivalente, che vi si aggiunge.

III. Or per trovar la legge, secondo la quale và variando la velocità, quando si viene a variare l'altezza del acqua, che la produce, la quale altezza trovasi nella lunghezza della verticale, elevata, dal vero termine del condotto, fino all'orizzontale indefinita, tirata dalla superficie dell'acque, che si suppone stabile nel vaso, in tempo di tutto il flusso dell'acqua; prendiamo alcuni sperimenti del numero V. della Lezione superiore, per prender la velocità dè galleggianti, che non risentono, come credesi, la frizione del fondo, così immediatamente, come l'acqua prima, che radeva il fondo. Il foro, da cui scorre l'acqua, è lo stesso in tutti, di un pollice in altezza, e 5. in larghezza. La pendenza del canale è notabile, di 10 piedi, e 6. pollici; e l'altezza, costante dell'acqua nel vaso, è di piedi 11, e 8 pollici. Ma prima di tutto, per sapere, quanto variino le velocità, col variarsi l'altezza, da cui nascono, e necessario conoscere la perdita, che di questa prima velocità si deve fare, in tutto il suo corso. E primieramente è a calcolarsi la contrazione, che fa all'ingresso del condotto, che diminuisce la quantità dell'acqua, che sortirebbe dal vaso, senza contrazione. Perciò, che detto è nel I. Tomo; si può prendere in generale, che se la quantità naturale, ch'entrerebbe nel condotto, fosse di 8 pollici cubici, quella, che vi entra per la contrazione, non sia che di 5, come vuole anche Bossut. Ciò vuol dire, che se l'area della vena naturale formasse un rettangolo, tra l'altezza, e larghezza di 8 pollici di superficie; il rettangolo fatto dalla vena contratta, tra l'altezza, e larghezza sarà di 5 pollici quadrati. L'acqua, dopo

po

po la contrazione, spingendosi nel condotto, si allarga fino ai lati di esso, e tanto, quanto erasi ristretta nella contrazione, per soffregarsi, non solo al fondo, ma anche ai lati del condotto da essa bagnati. Dunque ogni sezione d' acqua, alla lunga del condotto, si puo considerare come un rettangolo, simile in figura a quello dell' incile, e a proporzione, anche a quello della vena cotratta, se si prescinda però dall' acqua morta, e irregolare, che potrebber formare le asprezze del fondo, e dei lati. E poiché, nel medesimo tempo, dee passare la stessa quantità di acqua, per ciascuna delle sezioni del condotto, che passa per la sezione della vena contratta; la velocità deve essere tanto maggiore per la vena contratta, quanto é minore la sua sezione, riguardo alle sezioni del condotto.

IV. Come si puo dunque giustamente paragonare la velocità de' primi 20 piedi, scorsi dall' acqua, coi secondi? Nei primi 20 piedi, la velocità in grazia della sezione minore, per cui passa, deve esser maggiore di quella de' secondi 20 piedi, e ancor di piu, che i terzi 20 piedi. Con questa velocità maggiore, deve superar meglio ne' primi 20 piedi le resistenze del fondo, che si suppongon le stesse nè susseguenti 20 piedi. E pure per trovare il ritardo, che le resistenze pongono nella velocità naturale dell' acqua si costuma di cercare il tempo, che l' acqua deve impiegare a percorrer diversi tratti di canale, senza provare alcun ritardo dalle resistenze, e si confronta con quello, che impiegasi nel percorrere gli stessi tratti, col ritardo necessario, nel superar le resistenze. Oltre il vantaggio di corso, che ha l' acqua nè primi 20 piedi, certo è pure, che la velocità del acqua pel rimanente del condotto, non puo esser uniforme, e i diversi tratti, né quali dividesi il canale, non posson percorrersi dall' acqua in tempi uguali, menomando la velocità primitiva dell' acqua, a misura che allontanasi dall' incile del condotto, perchè incontra sempre nuovi ostacoli da superare, nè quali deve perdere dell' attuale sua velocità, se non ne và acquistando dalla cadente del condotto, che sia proporzionata ad accrescerla. Quando adunque si fa il primo sperimento, di lasciar correr l'acqua pel condotto, e si nota il tempo impiegatovi; se non si fa conto della maggior velocità, che ha l' acqua né primi 20 piedi, non se ne tien conto neppure, quando si lascian correre i galleggianti. Or se l' acqua percorre, in maggiori tempi, i tempi successivi, nel vincere le attuali resistenze; l' acqua superiore, vinte gia queste, dovrebbe percorrerli in tempi piu brevi, e nè più brevi convenienti, se non risentisse anch' essa parte delle resistenze, se non altro nel dover affrettare l' acqua ritardata da quelle. Quindi è, che quelli sperimenti, nè quali si lascia correr l' acqua, troppo sottile sul con-

condotto, sono men proprj, a dedurre la velocità dell' acque, scorrente senza impedimenti, perchè, o essa ne risentirà qualche parte, trovandosi entro l'altezza dell' acqua, che vien ritardata, o dovrà impiegar parte della sua velocità, ad affrettar porzione di quella tenuta lenta dalle resistenze.

V. Che se fosse vero, come assunse l' Ab. Bossut, che l' acqua cangiasse continuamente nella linea di sua superficie, scorrendo il condotto, e che, dopo la contrazion della vena, si ponga in una direzione parallella al fondo, e all' incontro delle resistenze, perdendo di sua velocità, si gonfiasse, per prender in alzandosi forza a superarle, e tanto si alzi, onde, dal proprio peso sospinta, si determini con proporzionata cadente, di nuovo, a piegar verso il fondo; e come da questo punto d' alzamento abbia perduta l' intera sua velocità, e non sia nulla sollecitata dall' acqua superficiale, che tende allo stesso punto alto, che non solo si spinga verso il basso del condotto, ma anche all' opposta parte verso l' incile, mentre l' acqua inferiore va verso l' emissario, fino a formarsi alla superficie due cadenti contrarie, una all' ingiù, l' altra all' insù, e quella all' insù pretendesi, che visibilmente si propaghi fino a 12 piedi di distanza dall' usciare; dimando in questo caso, come si potrebbe far conto dé galleggianti, che, invece di correre al basso del canale, verrebber anzi dalla corrente portati in dietro contro l' usciara, e tanto piu ritardati, quanto piu si appressan al punto del gonfiamento? Dunque in tutte quelle altezze d' acqua, nelle quali scorgesi il detto gonfiamento, i galleggianti non son atti a mostrar la velocità superficiale permanente, sgombra dagli effetti delle resistenze. Se poi si è veduto questo moto retrogrado della superficie dell' acqua, perchè non si è misurata la quantità, dell' alzamento dal fondo? Coll' altezza della discesa da esso, e per la sola gravità dell' acqua, si sarebbe data prova giuridica di questo fenomeno, massimamente, se si fosse anche notata l' altezza dell' acqua al sito della vena contratta, e allo sbocco dell' emisario, perchè sarebbesi conosciuto il doppio piano inclinato, che si formava l' acqua alla superficie, in due contrarie direzioni.

VI. Il piu notabile poi di questo fenomeno, che perciò anche meritava d' esser descritto in tutte le sue parti dall' incile all' emissario; egli si é, che secondo Bossut, sortivà dal condotto la stessa quantità d' acqua, che dovea sortirne, procedendo sempre tutta l' acqua all' ingiù, e assottigliandosi continuamente verso l' emissario, ove colla dovuta cadente, accrescendo sempre la velocità, va continuamente assottigliandosi, per quanto gliel permetton le resistenze del fondo. Se cio è, forza é il dire che l' alzamento, che fa l' acqua verso la metà del canale, sia di tanta

tanta entità, che colla sua pressione compensi l' acqua sortita dall' incile, la quale invece di desluire al basso, ricade dalla metà circa del condotto all' insù. Questa certamente non sorte dal canale, se non se, dopo che alla distanza dè 12 piedi dall' incile, a cui tende, siasi unita alla piu bassa, che prosegue il suo corpo all' ingiù, e intanto, che questa porzione va all' insù; l' acqua dalla metà del condotto all' ingiù, coll' altezza, a cui si è posta, e dalla quale per un piano inclinato portasi all' emissario, tal acqua, dissi, prema tanto la soggetta, per tutto questo tratto, onde tanta di più precisamente concorra all' emissario, quanta per la contro cadente desluisce verso l' incile. Come possa operarsi questa compensazione adequata, nella diversità, che vi deue essere nelle cadenti superficiali, e nella diversa velocità superficiale in esse, perché verso l' emissrio va crescendo, verso l' incile va diminuendo; io credo che sia impossibile, e inutile il dichiararlo. E si rinuova qui la mia maraviglia, che in un tale strano fenomeno, non si sia presa l' altezza del fluido nelle parti piu essenziali, delle somme, ed infime altezze dell' acqua nel canale, se non delle medie, che anch' esse avrebber giovato a darne la spiegazione.

VII. Dunque gli sperimenti presi dal numero V., nè quali l' altezza dell' acqua nel condotto era di un solo pollice, mentre la cadente del canale era di piedi 10, e mezzo; in grazia della poca altezza d' acqua sul fondo di un pollice, la quale doveva assottigliarsi vieppiù per la cadente esorbitante, di piedi 10, e mezzo, non davan luogo ai galleggianti di rappresentare la velocità permanente dell' acqua, si perchè, troppo vicini al fondo, dovean di necessità rissentir parte almeno delle resistenze di quello, che dovevan propagarsi ad altezza maggiore di quella, a cui trovavansi colla lor parte inferiore i sugheri; si perchè, in tanta velocità, da cui dovean animarsi in tanta cadente di fondo, ogni poco d' aria, che avessero incontrata colla loro superficie, da cacciarsi di luogo da essi, a poter progredire, doveva farli notabilmente ritardare; si perchè con si poca acqua nel condotto, che soffre tanto le resistenze del fondo, onde alzarsi a vincerle in modo, da formar nella superficie cadenti, e contro cadenti; il moto de galleggianti non può esser regolare, e non può in niun modo esprimer la velocità permanente, che con tante alterazioni dell' acque certamente non vi sussiste. Possiam con maggiore fiducia paragonare quegli sperimenti, nè quali si lascian correre dall' usciare pel condotto 2. pollici d' acqua, purché poi la cadente del condotto non sia tanta, che in grazia della velocità da essa prodotta, troppo non si assottigli l' acqua sul fine del condotto. Sul dubbio, che i sugheri emergan troppo dall' acqua, ond' essi debban lottare

coll'

coll' aria, che si opponga al loro corso; darem la prova agli sperimenti, colla quantita dell' acqua sgorgata nelle diverse circostanze, e che secondo i giusti principj doveva sgorgare.

LEZIONE XXVII.

Maniera la piu facile di paragonare la velocità, perduta dall' acqua negli sperimenti premessi.

I. A persuadersi del metodo, che si proporrà, è necessario formare alcune riflessioni al tutto piane, e indubitate. Se di due viandanti, che debbon fare il cammino di 600 pertiche, l' uno vi perviene al termine in 30 minuti, l' altro in 60. egli è palese, che il primo è stato piu veloce del secondo. Che se il primo le avesse trascorse, come anche superiormente si è detto in 20 minuti, l' altro in 60; il primo sariasi mostrato il triplo piu veloce. E come si troverebbe cio aritmeticamente coi numeri gia assunti? Certamente dividendo il numero maggiore dè minuti impiegati dall' uno, pel numero minore dè minuti impiegati dall' altro: essendo, come è certissimo in fisica, le velocità, posti gli spazi percorsi uguali, e i tempi impiegativi disuguali, in ragion reciproca dei tempi. Qindi a diuidere il numero dè minuti 60 per 30; nasce il quoziente 2, che dinota, che quello, che ha impiegato, nel cammino, il numero minore de minuti, è 2 volte piu veloce dell' altro. Se nel secondo caso si dividessero i minuti 60 dell' uno pei 20 dell' altro, ne sortirebbe il quoziente 3; e questo esprimerebbe, che il viandante, che è giunto al fine del suo viaggio, in minor tempo, del triplo è stato, 3 volte piu veloce dell' altro viandante. Applichiamo queste nozioni certissime ai nostri sperimenti, sciegliendo però quelli, nè quali con maggior verosimiglianza si possa supporre, per la maggiore altezza dell' acqua pel condotto, che l' effetto dell' affritto non si comunichi alla superficie dell' acqua.

II. Prendiamo quegli sperimenti, nè quali si lasciavan correre 2 pollici d' acqua, in altezza, per l' usciata del vaso. Se Bossut crede, che correndone un solo pollice, l' azione dell' affritto del fondo non si comunichi fino alla superficie, il che poi esamineremo; possiam trattanto supporre, che correndone 2 pollici, a maggior ragione non vi si comunichi. Stando l' acqua alta 4 piedi nel vaso, con una cadente del condotto di una decima della linea di livello, gia sopra spiegata, cioè d'una decima della lunghezza; essendo il condotto lungo 600 piedi la prima acqua superando mano mano l' affritto del fondo, e dei lati che toccava; pose 181 secondi a percorrerlo. Posti i sugheri al

principio dell' acqua gia corrente, giunser quasi al termine del condotto in tempo minore, cioè in soli secondi 153 e mezzo. Senza risentir dunque l' acqua superficiale gl' impedimenti del fondo, come si vuol supporre; essa trascorse le 600 pertiche in secondi 27 e mezzo di meno, e cogl' impedimenti, ci pose i detti secondi di più. Cio risulta dalla sottrazione del minor numero dè secondi dal maggiore. Il maggior numero dè secondi 27 e mezzo consuntovi, indica la minor velocità della prima acqua, cioè la velocità perduta, senza la perdita della quale dovea percorrere i 600 piedi in 153 secondi e mezzo. Convien dunque cercare, qual parte siano i secondi 27 e mezzo, non dei 181 (riflettasi bene) ma dei 153 e mezzo, perche questa è la uelocità, che doveva avere. Or i secondi 27 e mezzo, impiegati di piu dall' acqua, snervata dalle resistenze da superarsi, che dinotano la perdita, che ha sofferta nel percorrere i 600 piedi in secondi 153 e mezzo; sono un quinto, e mezzo alquanto scarso dè secondi 153. Dunque l' acqua ha perduto un quinto e mezzo della velocità, che doveva avere, usando del ragguaglio del tempo, col primo metodo.

III. Veggiam di verificar cio piu precisamente colle pertiche percorse da ciascun viaggiatore in un minuto, che servirà di prova del nostro metodo. Dividiam le 600 pertiche percorse dal primo, pei 30 minuti da esso impiegativi. Ne sorte il quoziente 20. Dividiam pure le stesse 600 pertiche pei minuti, postivi dal secondo viandante, cioè per 60; si hà il quoziente 10. Cio mostra, che il più sollecito ha scorse 20 pertiche al minuto, mentre il lento ne ha passate sole 10. E in questo caso pure si scorge, che la velocità dell' uno é doppia di quella dell' altro, perchè il piu presto in 30 minuti ha compiuto il tratto delle 600 pertiche, e l' altro, per essere al doppio men presto, ha dovuto spendervi 60 minuti. Dividendo poi aritmeticamente il numero maggiore delle pertiche percorse dal primo in un minuto, pel numero delle pertiche percorse dall' altro, pur in un minuto cioè dividendo 20 per 10; si ha qui pure un quoziente 2, che esprime, che la velocità del primo è stata doppia della velocità del secondo.

Per applicar cio al nostro esempio, dividiamo i 600 piedi percorsi dalle due acque, pei secondi da esse impiegativi. A divider 600 per 181, trovasi, che quest' acqua impedita, in un secondo non percorreva, che piedi 3, pollici 3 e linee 9, e un terzo al quanto crescente. Dividendo poi gli stessi piedi 600 per secondi 153 e mezzo; risulta, che l acqua supposta libera percorreva ogni secondo piedi 3, pollici 10, linee 10 e un sesto di linea crescente. Or non e si facile a prima vista il raccogliere, quanto una velocita contenga l' altra. Ma se porremo in linee

i pie-

i piedi, i pollici e linee percorse dalle due acque, nel tempo di un secondo; e se sottreremo una somma dall' altra; ci risulterà, quante linee di meno trascorreva al secondo l' acqua impedita, e queste saranno linee 85 delle 477 e mezzo, che dovea correre l' acqua libera. Or queste 85 sono un quinto e mezzo delle 477 e mezzo. Queste linee di meno indicano la minore velocità. Dunque la perdita della velocità era di un quinto e mezzo, come anche nel primo calcolo.

IV. Ueggiamo ora la perdita, che avviene nella velocità delle due acque, quando la forza accelerante in esse è minore, perche operata da soli 2 pollici d' altezza nel vaso. L' acqua, supposta non alterata dall' affritto, scorse i 600 piedi del condotto, in 168 secondi, mentre la confricante ve ne consunse 203; si hanno nell' acqua ritardata 35 secondi di piu, che in grazia della sua lentezza ha dovuto mettervi. Indicano dunque la minor velocità, in tempo di secondi, avendovene spesi 35 di piu dè 168, che dovea spendervi, essendo libera. Ve ne ha spesi dunque un quarto e due terzi crescenti di quarto, ed ha perduto un quarto e due terzi crescenti della velocità che le competeva. Serviamoci anche del secondo metodo. Dividiamo i piedi 600 pel numero dè secondi, nel quale si son passati dalle due acque, a conoscere quanti piedi correvano ogni secondo. L' acqua lenta per le resistenze, che dovea superare, non poteva scorrere, che piedi 2, pollici 11, linee 5 e $\frac{125}{203}$ di linea, come dà il quoziente di 600s diviso per 203. L' acqua, supposta libera, percorreva piedi 3, pollici 6, linee 10, e $\frac{6}{21}$ di linea, come porta il 600 diviso per 168. Or ponendo i quozienti trovati, in linee; l' acqua impedita percorreva ogni secondo 425 linee, e la libera fino a 514. Questa contiene l' altra una volta e $\frac{86}{425}$, che danno un quarto, e due terzi di quarto scarsi, : il che concorda colla prima maniera.

V. Or è a vedersi, qual sia nè due sperimenti maggior perdita di velocità, e di quanto, se il quinto, e mezzo perdutosi nel primo, o il quarto, e due terzi nel secondo, di minor forza d' acqua. Ramentiamo, che la perdita nel primo sperimento è $\frac{85}{477}$, e nel secondo $\frac{86}{425}$. Qual di queste due frazioni è maggiore, e di quanto? Riduciamle alla stessa denominazione, e il saprem tosto. La prima, cioè il quinto, e due terzi è, multiplicandola pel denominatore dell' altra 425, è, dissi, 36125. La seconda 86, multiplicata pel denominatore della prima 477 e mezzo,

mezzo, è 41065; e il denominator loro comune è 202937 e mezzo. Qui vedesi, che il quarto e due terzi è maggiore del quinto e mezzo. Per sapere di quanto; sottraggasi il quinto 36125 dal quarto 41065; e si aurà la differenza di 4940 parti di 202937 e mezzo, e cerchisi qual parte sia il 4940 del quinto 35125, con cui si paragona; trovasi, che è una settima parte e mezzo crescente. Dunque la perdita di velocità sotto i due piedi di acqua nel vaso è stata maggiore in grazia della minor forza, di una settima parte, e quasi mezza della perdita avutasi nell' acqua sotto i 4 piedi d' acqua premente nel vaso. Appostatamente formo per esteso questi calcoli, per rinfrescare à miei discepoli la memoria delle operazioni aritmetiche.

VI. Allo stesso modo, a paragonare la perdita della velocità, sotto 2 piedi, con quella di un piede solo d' acqua premente nel vaso; ritenuta quella sotto 2 piedi di $\frac{86}{425}$, e quella sotto un piede, di 240 e mezzo di 800; converebbe, che l' acqua avesse trascorsi spazj uguali. Ma nel primo caso ne ha trascorsi 600, e nel secondo 300; e noi non possiam prendere la metà del tempo impiegato dalla prima, non sapendo ancora, se la perdita sia stata equabile in tutte le parti uguali del suo corso. Faremo il paragone della perdita fatta dall' acqua sotto la pressione di un piede, e sotto quella di un terzo di piede. La prima si è gia detta essere 240 e mezzo di 800; e la seconda 102 di 645. Riducendole alla stessa denominazione, la prima è stata 154800, la seconda fu 81600, e il lor denominator comune è 516000; e la prima è un terzo, e un terzo di terzo; e la seconda un sesto di sesto. La prima dunque è una perdita maggiore della seconda, quantunque la forza della prima fosse di due terzi maggiore, considerata l' altezza dell' acqua premente nel vaso. La maggioranza della prima sulla seconda è di 73200 parti dell' unità, espressa dal denominatore 316000; e questa è una quarta parte, e un terzo scarso. Dunque la perdita della velocità, sotto una forza maggiore, a vincere la metà della resistenza in un condotto la metà più breve, è stata d' un quarto, e di un terzo maggiore, che la perdita della velocità sotto una forza minore a vincerla. Come può ciò accordarsi colla perdita dè due primi esempj, e colla verosimiglianza?

VII. Potrebbe nascere un sospetto, alla vista di questo stravagante fenomeno, che non fosse punto vero, cio che supponsi dal Bossut; che i sugheri non risentissero la resistenza del fondo, lasciandosi correre due pollici d' acqua nel condotto. Imperocchè è ben ragionevole il pensare, che con molta forza o' acqua premente nel vaso, e colla molta cadente d' una decima della linea di livello, che se si fa una decima della lunghezza del

del canale, sarebbe di 60 piedi, e di 30: l' acqua debba esser molto veloce sotto i 4 piedi d' altezza nel vaso, e i 2 pollici nel condotto. Afsottigliandosi l' acqua, quanto può, in ragione della velocità; si troverà tanto sottile in progresso sul fondo del canale, che i sugheri non saran distanti dal fondo del condotto, nè anche un pollice; e se l' affritto del fondo non si estende al di sopra di efso all' altezza di due pollici; non si deve afsumere, che non si estenda a meno di un pollice, e a mezzo pollice, ove si saran trovati i sugheri colla lor base inferiore. La dove quando la prefsione dell' acqua è così debole, come quando l' acqua nel vaso non è, che 4 pollici, cioè quando è più picciola la velocità, nata dalla prefsione, e quando la cadente del condotto è solo la metà della prima. la velocità infallibilmente deve efsere molto minore per tutte e due queste ragioni; e quindi minore sarà l' abbafsamento, e l' afsottigliamento dell' acqua nel condotto; e quindi i sugheri si troveranno più distanti dal foro, e più rimoti dall' affritto di efso. Dunque avuto riguardo alla minor velocità, dipendente dalla prefsione, andranno con maggior velocità, rispetto al risentimento l' azione dell' affritto del fondo. Dunque rispettivamente più veloce dovea correr l' acqua sotto i 4 pollici inordine al sentimento le resistenze, che sotto ai 2, e quindi comparir minore la perdita di sua velocità.

VIII. Aggiugneremo la determinazione della perdita della velocità nè due ultimi sperimenti, col vantaggio dè due metodi, che abbiam proposti ad investigarlo. Mantenendo un piede solo costante d' acqua nel vaso, ma accorciato alla metà il condotto, cioè ai 300 piedi; onde la somma delle resistenze potrebbe credersi ridotta alla metà, riguardo l' acqua corrente; l' acqua prima passò i 300 piedi in secondi 65 e mezzo, e l' acqua creduta libera in secondi 54. Sottraendo questo da 65 e mezzo, la differenza è 11 e mezzo, e vuol dire, che l' acqua impedita mette secondi 11 e mezzo di più, a percorrere i 300 piedi, di quelli, che vi pone l' acqua creduta libera d' impedimenti. Or qual parte sono i secondi 11 e mezzo dè 54 secondi, che sono quelli, che doveva impiegare, essendo libera? sarebbe una quarta parte scarsa.

LEZIONE XXVIII.

Della resistenza del fondo dè fiumi all' acqua per essi corrente.

I. Erasi fissata da prima un opinione, che nell' acque correnti dè fiumi fosse maggiore la velocità alla superficie, e che

che andasse sempre ritardando, quanto piu avvicinandosi al fondo. A questa opinione aveva dato ansa Mariotte, che aveva legate con un filo due palle di cera, in una delle quali aveva inserito (notisi bene) del piombo perchè riuscisse piu pesante, fino a tenere tutta, sotto la superficie dell' acqua, la piu leggera, onde non urtasse nell' aria. Nello stesso tempo aveva gittate delle segature di legno pesante piu dell' acqua, e d' altro piu leggero; onde le piu leggeri rimanessero a galla, mentre le piu pesanti con lor comodo scendevano al fondo. Avendo egli osservato, che delle due palle, quella, che restavasi alla superficie, precedeva l' altra, che viaggava sott' essa, e che le segature, e scheggie della superficie precedevan quelle, che discendevan pel fluido; dall' uno, e dall' altro sperimento dedusse, non gia che in quel canale l' acqua superficiale avesse piu velocità, che l' acqua sotto la superficie, ma che in tutti i canali fosse lo stesso. L' accademia di Mantova nel 1772 propose il problema, se tali sperimenti di Mariote fosser abili a provare generalmente, che l' acqua, corrente dei canali, e fiumi, fosse piu veloce alla superficie, che sotto essa, e verso il fondo. Comparve una Distrazione, ch' ebbe il premio dall' Accademia, che sosteneva, che gli sperimenti del Mariote non provavano l' assunto suo, perchè nè le palle non eran ugualmente pesanti, e neppur le scheggie, onde poteva esser maggiore la velocità sotto la superficie, senza che fosse capace di spiegare avanti un corpo piu pesante di quello, che stava alla superficie: massimamente poi, perchè le schegge impiegavan parte della lor gravità nel moto di discesa, e di rotazione, e la palla piu pesante, nel tener profondata di piu la palla piu leggera entro la superficie dell' acqua, da cui sarebbe emersa per la sua leggerezza

II. Il Padre Frisi nel Capitolo III del libro V, non gradisce il ragionamento del dissertante, e vuol supporre, contro il fatto, che la palla immersa fosse pochissimo piu pesante di quella, che tenevasi alla superficie, poichè il peso della cera (senza vacui intermedj) al peso dell' acqua, ad uguali volumi (della qual uguaglianza Mariotte non era stato gran fatto premuroso) è come 15:16; d' onde vorrebbe conchiudere, che se fosse stata maggiore la velocità sotto la superficie, aurebbe potuto spingere la palla di sotto, avanti della superficiale. Mentre Mariotte stesso afferma, ch' era di tanto piu grave, che oltre al tenere il filo, che le congiungeva, ben disteso, senza lasciarvi fare niuna curva, teneva anche tutta la palla sommersa, che, senz' essa, emergeva molto dall' acqua, non essendosi molto curvato, che fosse esente d' ogni bolla d' aria, onde nel viaggare non incontrasse nivna porzione d' aria da cacciar di sito, o da non ricever urto da quella, se cospirante nel moto. Nelle scheggie poi

piu

più pesanti non considera, nè il moto di discesa in esse, nè il moto di rotazione, necessariò in ischeggie informi, nell' atto di viaggiare: e cio, che in un moto si impiega, vien tolto all' altro. Per ciò, giusta i principj verissimi del dissertante, poteva esser maggiore la velocità dell'acqua, poco sotto la superficie, ove tenevasi la palla piu pesante sommersa, e poteva nel tempo stesso, parlando in massima generale, non esser tanto veloce da vincere il maggior peso della palla sommersa, e se fosse stato bisogno, dopo la prima immersione della palla, da cacciare di sito un ugual volume d' acqua, e da superare i primi ondeggiamenti, nè quali si sarebbe posta la parte sommersa. Suppone però troppo il Pre Frisi, supponendo, senza alcun dato, leggiera la palla immersa, che ogni piccola maggioranza di velocità sotto la superficie dovesse farle vincere qualunque resistenza si opponesse al suo libero avanzamento, e vincer dovesse non solo la maggior gravità delle scheggie discendenti, ma qualunque moto tenessero, diverso dal progressivo. Parmi però, che abbia tutta la ragione il Dissertante di riprovare Sperimenti, che di lor natura non siano atti, a dar mostra di maggiore velocità, nè luoghi, ove questa fosse in realtà maggiore, che in altri. E questo era appunto l' oggetto della ricerca dell' Accademia, che fu contenta della soluzione, e le concesse il premio Ancora che però fosse vero, che nel canale del Mariotte, in grazia della poca altezza dell' acqua in esso, e delle molte erbe, che sorgevan dal fondo, fosse maggiore la velocità alla superficie, che sotto essa; ancora chè il Pitot, come si ha dagli atti dell' Accademia 1731, abbia trovata nella Senna, ingombra di molte erbe, e di sassi ridossi, e con soli 3 piedi d' acqua, in estate sui fondi più bassi, abbia trovata, dissi, decrescere la velocità dalla superficie verso il fondo; sempre sarà certo, che quella maniera di sperimentare del Mariotte, non è confacente a provare in tutti i canali maggiore la velocità alla superficie

III. Ora si conviene universalmente, che nè canali liberi, di corpo sufficiente d' acqua, la velocità, in grazia, della cadente del fondo, e della pressione dell' acqua ad esso soprastante, sia maggiore sul fondo vivo, e non impedito, e minore quanto piu si accosta alla superficie. Ma come i fondi non son tutti regolari, ed hanno scabrezze, e dossi in molti luoghi che risaltano dalla linea ordinaria del fondo stesso; e come l' acqua nell' urtare in essi, e nel doverli anche scavalcare, deve perder di sua attuale velocità; si è cercato, se questa perdita di velocità, nel luogo dell' intoppo, o scavalcamento, influisca ad alterare l' acqua, che le tien dietro, e fino a qual termine, all' insù del fiume, e quanto l' indebolimento della velocità sull' obice, che incontra, facciasi sentire verso la superficie, nell'

nell' intermedia tra la superficie, e l'obice. Il Pre Grandi aveva adottato nel lib: II sul movimento dell' acque, allo scolio della prop. XXXIV. che si dovesser tener poco in conto le resistenze, nate dalle pure scabrosità, e disuguaglianze del fondo, e delle sponde dè canali, e che si dovesser solo valutare quelle, che si fan sentire all' acqua corrente dai virgulti, canne, erbe, allignanti nel fondo, e alle ripe, e dai gomiti, e risvolte. Quindi tirando egli un piano, per l' estremità de dossi piu alti, considerava tale piano vero fondo del fiume, al tutto uguale, e liscio, su cui correndo il corpo dell' acqua liberamente, nulla non venisse a perdere della sua natural velocità. Lo stesso opinò per le sponde. Trattane quell acqua, che urtava nelle disuguaglianze naturali del terreno, o le aggiuntevisi dell' erbe, e dai virgulti, che non poteva non risentirsi, dal la resistenza incontrata in esse; l' acqua rimanente laterale appena ne restasse affetta nè potesse mai, ne pur un atomo, ritardare la velocità del mezzo dell' alveo, e piuttosto accrescerla colle ripercossioni dalle ripe, se vada a urtar varie volte in esse.
All opposto un Accademico di Siena, come nel III Tomo degli atti di quell' Accademia, sostenne le resistenze del fondo, e delle sponde riuscir debolissime, a confronto di quelle, che generano, e soffrano gli strati orizzontali, gli uni soggetti agli altri, nel soffregarsi insieme, nell' atto di dover l' uno piu presto passar sopra, o sotto ad uno piu lento, come per istaccarsi da quello. Esibisce anzi una formola, colla quale determinare il luogo preciso, ove emerge la massima resistenza. Ma riflettendo, che tal luogo nol fa punto dipendere, nè dalla velocità della superficie del fluido corrente, e nè pur dall' altezza dell' acqua; non si puo riconoscer per congruente l' ipotesi, su cui ragiona il suo calcolo.

IV. Vi è pure stato disparere tra alcuni se la resistenza, che nasce nel fondo dall' attrazione, o dalla scambievole adesione tra loro delle particelle componenti il fluido, dipenda dalla velocità totale, ed assoluta, oppure dalla relativa degli strati, che passano l' un sopra, o sotto l' altro. Sembra infine, essersi convenuto, che se la resistenza nata dall' attrazione delle parti da separarsi insieme, debba venir espressa da qualche funzione della velocità relativa degli strati; non aurà mai luogo nel calcolo la assoluta, o totale. Pretendesi, che le resistenze sole, che nascano dall' inerzia delle particelle acquee, e anche dalla percossa, contro le parti immobili delle sponde, e del fondo, sien dipendenti dalla velocità assoluta in modo che sian proporzionali alla celerità, e quantità delle particole, che in un dato tempo vengono a urtarsi, essia al quadrato della velocità. Or siccome ambedue queste resistenze agir sogliono nel fondo dè fiumi,

mi, e per l' impedimento, che incontran le particele acquee, a passar sopra le scabrezze della superficie del fondo; e per le percosse, che danno nelle parti salienti, e irregolari dè diversi piani dello stesso, se l' acqua, tra le disuguaglianze del fondo, trovandosi la via intercetta al corso, e in tutto quello spazio scabroso, si rimanesse immobile, e morta; l' acqua superiore, che passasse sopra questo fondo morto, potrebbe ben risentirsi, perchè le venisse tolta una porzion di cadente, ma non dovrebbe risentir punto le scabrezze del fondo, ma quella resistenza sola, che nasce dall' attrazione scambievole delle particelle del fondo soggetto, immobile, con quelle del fondo mobile superiore, che tra lor debban separarsi

V. Ecco cio, che presenta la Teoria. E' a vedersi cio, che ci offre la superiorianza, in ordine a terminare la resistenza, che nasce dalla attrazione delle parti. A questo oggetto converrebbe sperimenti, nè quali risultasse il tempo, che impiega l' acqua a percorrere lo stesso spazio, senza risentir punto le scabrezze del fondo, e solo le difficoltà della separazione delle particelle acque, che si tocano, e si sostentano, le piu veloci delle quali debbono staccarsi dalle piu lente. La prima idea, che si affaccia in questi sperimenti, si é, se l' adesione tra le particelle dell' acqua sia la stessa, e quando le particelle, che si stentano le soprastanti, sien caricate di sole 2 oncie d' acqua, e quando sien caricate del peso di 2 braccia. E indubitato, che l' acqua, che sostenta le due braccia, è premuta 12 volte piu, che l' acqua che sostenta le 2 oncie? Or questa pressione, che, trattandosi d' un corpo solido sopra un molle, farebbe, che il solido s' internasse tanto di piu nel molle, e ne comprimesse, e riducesse a minor volume il corpo molle; questa non puo operar lo stesso effetto, trattandosi d' acqua sostenuta da altra acqua. L' acqua non è compressibile, per la sua somma elasticità, che che se ne dica al contrario, che appena stuzzicata dalla percossa, sopra un vaso anche di metallo forte, prende tanta energia, da far crepare il suo vaso. L' acqua dunque, che preme sopra un altra, che la sostenta, non puo comprimer questa, a ridurla a minor volume, nè non puo internarsi in essa. Quanto quella comprime; altrettanto le reagisce contro la compressa, e cio da tutte le parti, come si dimostra in Idrostatica. Lo stesso equilibrio però, che trovasi nelle particelle acquee prementi, e compresse, sotto due oncie d' acqua soprastante, lo stesso esattamente trovasi sotto ai due braccia d'acqua. Dunque niuna forza di piu si richiede, a separar due acque premute in ragione di 2, e di 12. Si é veduto al numero 11 della Lez. XXIII, che l' acqua corrente per un tubo orizzontale, cacciatavi da diverse pressioni d' un acqua rattenuta in un vaso verticale, da cui

sortiva l' orizzontale, non esercita niuna pressione sul fondo del tubo orizzontale, per cui scorre: perché fatto uno, o più fori in esso fondo, non esce da essi punto d' acqua

La seconda idea, che si offre nello sperimento proposto, si è, ne (dopo che si è lasciata correr mezz' oncia d' acqua sul piano inclinato del vaso, che si crede soggetta alle resistenze dell' asprezza del fondo, e si misura il tempo impiegato dall' acqua a percorrer tutta la lunghezza del condotto.) lasciandovi poi correre un oncia d' acqua di piu; quella oncia di piu vi scorra in modo, da non esser punto affetta dalle scabrezze del fondo, come la mezz' oncia prima, e da potersi considerare, come scorrente sopra un fondo liscio, e come immobile, sul quale non debba soffrir altra fatica, che quella di vincer l' adesione delle parti, tra la mobile, e immobile, o a norma dell' eccesso delle velocità, se la soggetta ottenga tutta via qualche movimento. Gli esperimenti, che si producono a, determinare questa resistenza di adesione, portan la conclusione, che la velocità dell' acqua primitiva, cioè di quella, che risentiva le scabrezze del fondo, alla velocità stabilita, cioe non risentirsi delle asprezze, si trovi come 17 : 20, che sia cioè piu tarda la primitiva di 3 secondi di tempo nel percorrere la lunghezza del condotto, di quel che sia la stabilità. E come il condotto era lungo 105 piedi; cosi mentre l' acqua impedita percorreva piedi 5, e un quarto; la libera ne percorreva quasi 6, come se ne puo far il calcolo

VI. Or se, come la Teoria, la resistenza è quasi nulla, e come insensibile; tale certamente non puo riputarsi in questo sperimento, in cui la differenza è ben sensibile come quella di 17 : 20. Ma se l' acqua, scorrente sopra il fondo orizzontale d' un tubo, non vi esercita sopra, niuna pressione come si è detto; neppiu nell' atto del moto l' acqua superiore non eserciterà niuna pressione sull' acqua inferiore, che le serve di fondo, e su cui deve scorrere. Si puo anche quindi inferire, che non risentirà, nè pure il soffregamento, qualunque possa essere, dell' acqua corrente sulla immobile, che non puo esser sensibile, se non per la pressione, che divien nulla nel moto. Dunque la resistenza non puo nascere, che dal vincere l' attrazione, con cui una particella d' acqua attrae l' altra, per cui, se metto la punta sola di un dito sopra un acqua stagnante, si attacca, e si sostiene al dito, una goccia, assai piu grossa di quella, che corrisponderebbe alla parte del dito, tuffata nell' acqua. Questa attrazione è tale, da poter sostenere in aria il peso almeno della goccia, che sarebbesi attaccata al dito, per la sola attrazione del dito. Cio importerebbe un azione uguale di forza al peso dell' acqua, da separarsi l' una dall' altra. Perderebbe dunque 'l acqua tanto di forza, in questa nostra ipotesi, quanto

to è il peso del velo di quella, su cui trascorre. Ma se si voglia considerare, che la goccia sospesa al dito, è divisa dall' altr' acqua, e attratta non dall' acqua solo superiore, ma dal dito medesimo, e che l' acqua, che sta in un vaso, è attratta ancora inferiormente, e da ogni parte dall' altr' acqua; vedrassi, che, ancora che l' atrazione equivalesse di forza al peso della metà della goccia sospesa al dito; pur questo peso diviso in tante parti, tutto all' intorno della goccia, quante attrazioni si posson concepire in parti sensibili della goccia; questo peso in ciascuna d' esse parti, tanto piu piccolo riescirebbe, quanto è il numero delle parti attraentisi, e quindi tanto piu piccola riuscirebbe, in mezzo all' acqua, l' attrazione da dividersi in tante porzioni. Se poi l' attrazione è proporzionale alla massa, nello stesso corpo; e se si consideri, che è un puro contatto, quello, con cui una particella d' acqua deve staccarsi dall' altra, e che quanto attrae la superficie dell' inferiore all' ingiu, altrettanto attrae la superficie della superiore all' insù: qui non ha luogo di agire la massa, come nella goccia sospesa al dito, e l' attrazione viene ad elidersi ne' punti, ove dovrebbe agire. Cio però non toglie, che per esser contraria, cessi l' attrazione da agire. Anche nella goccia sospesa al dito, dividendola in minutisime particelle, dominan queste medesime attrazioni contrarie, e pur l' acqua si sostiene appena al dito. Ma cio è piuttosto da attribuirsi all' attrazione del dito, perchè, se vi si immerga altro corpo non attraente dell' acqua, niuna goccia non restavi attaccata.

VII Che se l' acqua corrente dovesse anche vincere la resistenza dell' attrazione, che fosse proporzionale al peso di quella, che non puo distruggersi totalmente; non sarebbe così indifferente la forza da impiegarvi, e quindi la perdita di velocità. Ma l' acqua corrente nel muoversi sulla soggetta quasi immobile, non deve punto vincerne il peso, gia equilibrato con ugual peso di altr' acqua; deve soltanto distaccare le estremità delle particelle acquee, e cio in un movimento orizzontale, a cui non è contraria direttamente la gravità. A vincere un puro contatto in un moto orizzontale, richiedesi bene minor forza d' un ugual goccia d' acqua Un puro contatto da qualunque velocità puo vincersi, essendo in esso, si puo dire, contraria la forza di attrazione, che principalmente si fa dalla circonferenza al centro d' ogni particella, in tutta la massa di ciascuna particella, e alla circonferenza non si fa, che ne punti di contatto, ove è distratta in due parti contrarie, e quindi facilissima a superarsi.

Insegnando adunque la sperienza, che l' acqua, che corre sopra un fondo di vaso, soffre una resistenza, come di 20 : 17, relativa-

tivamente a quella, che lontana dal fondo, si crede non risentirne le resistenze; cio non fa al nostro caso, in cui si suppone, che l' acqua scorra sopra un fondo morto, ed uguale, d' altra simile acqua, nel quale non vi sono asprezze da vincere, come negli altri. Insegnandolo la sperienza, che l' acqua nel correre, non preme punto sul fondo del vaso immobile, che la sostenta; non permerà né meno sulla superficie dell' acqua morta, che si suppone sul fondo dè fiumi, come intercetta tra la cavità e i rialzamenti del fondo. Infatti né fori, che si lasciano aperti nel fondo orizzontale del tubo annesso, formasi uno strato d' acqua, che gli ottura, e questi strati vi rimangono attaccati, in tutto il tempo del deflusso. Se l' acqua, corrente ivi sopra; vi esercitasse qualche picolissima parte di pressione; congiunta questa colla gravità naturale dello strato, pendente nel foro, dovrebbe cadere a basso, e rinovandosi lo strato, o per le scabrezze dell' orlo del foro, che arrestin qualche velo della lambente, o per attrazione della materia, di cui è composto il tubo, o per qualche attrazione ancora, se si voglia, del fluido stefso, cospirante con quella del foro; se questa seconda goccia formata che sia, venisse premuta dalla gravità della soprastante, precipiterebbe anch' essa a terra. Cio non avvenendo, da certissima sperienza si comprende, che l' acqua viva, correndo sopra una morta, non vi esercita sopra diretamente, e perpendicolarmente, niuna presione, impiegandosi tutta nel moto, quando sia libero, e forte, la sua gravità: come anche il nostro Virgilio faceva impiegare tutta nel moto, la gravità del corpo di Camilla, che poteva correre sopra un campo di spiche; senza schiacciarle, sotto al suo piede.

VIII. La Teoria poi ci dice, nel caso di un acqua liberamente scorrente sopra un acqua morta, che le serve di fondo, che la resistenza, che vi soffre non dipende punto dalla velocità, con che efsa si muove, ma del vincere so'tanto l' attrazione, che, per opra di natura, regna scambievolmente tra tutte le perticelle d' una stessa acqua, dalle quali devesi separare, vincendo quella forza che le lega insieme, come ce ne assicura la sperienza. Or se questa forza, dalle sperienze, ci si fa manifesta uguale al peso di tante goccie d' acqua nelle quali si puo unire la superior parte dell' acqua morta; sull' tesempio della goccia che resta sospesa al dito, al doppio almen di quella, che prescindendo dalla mutua attrazione, vi restarebbe appesa; le Teorie che dicono appena sensibile una tal forza, o resistenza al corso dell' acqua, non si accorderebbe colle sperienze. Ma vi si fan tosto concordare al riflettere, che nel nostro caso, non trattasi di vincer la resistenza, ossia l' attrazione, che domina in ciascuna goccia, nè tutto il peso di essa, ma di vincer quel-

la.

la sola, che risiede nel piccolissimo contatto delle circonferenze delle goccie inferiori, colle circonferenze delle superiori. Nel qual contatto le attrazioni sono, come opposte, all' ingiù, e all' insù, e come elise: trattasi poi di vincerle in un moto orizzontale, a cui dette attrazioni meno si oppongono. Con questa riflezzione la Teoria accordasi perfettamente colla sperienza; quantunque non sia determinabile la precisa quantità della picciolissima resistenza, che deve soffrir l' acqua corrente, nel separarsi dalla stagnante.

IX. Ma qui balza agli occhj una difficoltà, nata pure dalla sperienza, contro la Teoria, che secondo il nostro assunto, si deve da noi concordare. La sperienza ci dice, che l' acqua corrente tutta libera entro un tubo, non esercita niuna pressione sul fondo di esso, fino a non sortir nè pur una goccia d' acqua da' molti fori, tenuti aperti nel sito preciso, sotto cui trascorre. Dunque in qualunque fondo morto di acqua non sarà premuto, che in ragione dell' acqua sola, ch' esso contenga e nulla non sarà premuto dalla molto maggiore acqua esistente al di sopra di esso fondo morto, che nel nostro Po in qualche sito ho trovata più di 50 piedi. Dunque non è vero, ciò, che ci dice altra Teoria, che le pressioni che sostengono i fondi de' vasi, posta la stessa qualità di fluido, è in ragione dell' altezza del fluido esistente sopra il fondo. A questa difficoltà, che è ben ragionevole, si può rispondere, prima in generale, che la Teoria parla d' acqua quiescente, non solo sul fondo, ma in tutta l' altezza del vaso. Qui dunque, ove l' acqua non è tutta quiesciente, ma tutta nel fiume, in piena libertà scorrente; non è punto applicabile la Teoria. A rispondere poscia in particolare, e adattamente al caso, formasi un falso suposto, ed è, che se l' acqua non può premere perpendicolarmente, non possa premere in niun altro modo. Nè tubi comunicanti, la pressione del fluido contenuto in un tubo, si comunica all' altro lateralmente, ed anche orizzontalmente, secondo che il tubo, che fa la comunicazione, é obbliquo, od orizzontale. Nè vasi convergenti, nè quali il fondo sostenta tanta pressione, come s' esso fosse cilindrico; ogni colonna d' acqua più breve vien premuta dalla sua antagonista, più lunga, all' insù, contro la parete convergente del tubo, coll' eccesso della gravità, della colonna più lunga, sulla più corta. Or egli è certissimo in Idrostatica, che ogni parte del lato convergente, premuto dalla sua colonna più corta, rimanda al fondo la pressione, che riceve, per una linea, obbliqua rispetto al fondo. Si dimostra poi di più in Idrostatica, che se questa forza obbliqua, che si rimette dal lato al fondo, riesce minore di quella, che riceve il lato della colonna, più alta, sua corrispondente; si supplisce perfettamente

alla

alla forza mancante, col maggior numero delle parti del lato convergente, premuto dalla sezione della colonna, che lo urta obbliquamente, di quel che sia il numero della parte della colonna antagonista verticale, che preme il fondo, e che manda la pressione al lato convergente. Con queste riflessioni al tutto veridiche, se l' acqua corrente sopra un fondo morto d' un fiume, non preme perpendicolarmente sopra esso, ha tante altre strade, da premervi di fianco, o orizzontalmente, o obbliquamente, che non puo fallire, che il fondo morto non rissenta la pressione dell' acqua, che vi strascore sopra. Non credesi però, che detto fondo morto debba sostenere la pressione dell' acqua ad esso sovrastante, come se questa fosse quiescente. Soffrirà una pressione uguale alla ricevuta, cioè d' un acqua, che impiega una parte di sua gravità, se non tutta, nel moto progressivo, o anche nel moto circolare, se si tratasse di un vortice, o anche d' un moto, che fosse retrogrado, e tranversale. Ed ecco sciolta la difficoltà

X. Dunque l' acqua del fondo morto è premuta all' insù in ragione della gravità, ed altezza del fluido, che le scorre di sopra: e questo è conforme alla Teoria, che la forza del fluido si esercita ugualmente verso ogni parte. Or qui è, ove la Teoria sembrar potrebbe direttamente opposta alla sperienza. Imperocchè, se è vero, che l' acqua, corrente per un tubo, non eserciti niuna pressione contro il fondo del tubo, come insegna la sperienza; e se è vero cio, che detta la Teoria, che l' acqua d' un fondo morto di un fiume, risente, se non perpendicolarmente, almen lateralmente, tutta la pressione del fluido, che le scorre sopra; dunque la superficie del fondo morto, premerà all' insù la superficie infima, del corrente sopra esso, con una forza, uguale al peso del fluido corrente, nel mentre che questo nulla non preme sul suo soggetto. Dunque secondo la Teoria, che ne conseguirebbe, sarà il fluido del fondo morto, che si eleverà contro il fluido scorrente, si farà luogo tra esso, e colle velocità combinate scorreranno entrambi al lor destino. Dunque pare un imaginazione, e al tutto falsa, quella degli Idraulici, dell' esistenza di tali fondi morti, e della difficoltà, che soffrir deve l' acqua corrente a strisciarsi sopra quello, che non puo essere, nè si liscio, nè si regolare, come essi suppongono. La difficoltà sembra insuperabile. Ma esaminiamola per parti. Egli è innegabile, che l' acqua del fondo morto deve premere all' insù colla forza impressavi lateralmente dalla pressione del tanto fluido, corrente sopra esso fondo morto, con tante diverse velocità, quante ne ha il fiume in tutta la sua larghezza; le piu piccole delle quali esercitan sempre maggior pressione, perchè minor parte in esse vien distratta nel moto della lor naturale

turale gravità. Sforzisi dunque l' acqua del fondo morto di assalir il fluido corrente, sopra di esso, che nulla vi preme contro, e di assalirlo con una forza, uguale al peso dell' altezza dell' acqua, corrente sopra di lui, nelle varie parti dell' alveo. Incominciasi l' assalto, e appunto nel sito del filone, ove questo men preme. Ma nel bel principio di esso assalto, se all' azione del fondo, non vi si oppone la pressione della gravità del fluido soprastante; trova però in quella vece, la forza del quadrato della velocità dell' acqua corrente, multiplicato nella massa, contro a cui si affronta. Tale realmente è la forza, che colà possiede l' acqua corrente, e la forza maggiore, che in altra parte di quella larghezza d' alveo, o sezione del fiume. Dunque non può l' acqua del fondo morto assaltar la corrente, che se non ha pressioni da opporvi, ha ben altra forza, da tenerla in freno. Non ardirà essa nè pure di spingersi all' assalto, trovandosi, a così dire, avanti, una insuperabil barriera, e sentendo il contrasto, che le presenta, quantunque agisca soltanto di fianco.

Nell' altre parti, ove il corso del fiume, non è così vigoroso, rimarrà, nel fluido corrente, tutta quella porzione di gravità, impiegata nel moto colà più debile, e in quelle parti concorrerà, tal porzione di gravità non distratta colla forza quadratica dell' acqua corrente, a tener in freno la forza del fondo morto, che dovrà considerarsi una vera forza morta, contendendole la corrente, di passare in viva, onde rimansi del tutto inoperosa

LEZIONE XXIX.

Delle resistenze, che trova l' acqua corrente de' fiumi dagl' impedimenti, che sorgon dal fondo.

I. Gl' impedimenti, che sogliono offrirsi ad un acqua, corrente, per qualche canale, o fiume, son d' ordinario, la quantità di erbe, che germoglian dal fondo, come il Zeno, come chiamasi da noi, frequentissimo nè nostri canali, che di fusto molto lungo, sdrajasi a seconda dell' acqua, e colla multiplicità de' suoi fusti, gli uni addossati agli altri, vi fa un enorme ammasso, e occupa buona parte dell' alveo, e ondeggian o per esso, turba anche il corso superficiale dell' acqua. Tale ingombro toglie la cadente all' alveo, alzandovi il fondo, lo obbliga a rialzarsi alla superficie, onde possa scorrere, sopra il dosso del Zeno, l' acqua, che trasmette il canale. Col tener alta l' acqua, impedisce gli scoli, e spesso dà sorgive ai terreni laterali. Ma di questo impedimento si è già parlato nel Tomo degli Scoli,

li, e del ripiego di fare una Cunetta nel fondo de' canali, un braccio circa piu profonda della soglia delle chiaviche, e del fondo ordinario, onde in essa accogliendosi il Zeno, fino ad agguagliare il livello della soglia delle chiaviche, l' acqua del canale passi sopra il Zeno, come sopra un fondo morto, senza incontrare opposizione al suo corso. Si è pur parlato nell' istesso Tomo dell' erbe, che spuntan nell' alveo dalle sponde, e oltre esser d' intoppo al corso dell' acqua che vi urta dentro, ne restringon la sezione, e obbligano a vie maggiormente alzarsi l' acqua nel canale. I virgulti ancora e qualche volta anche i tronchi d' alberi, che lasciansi sussistere ne' canali, oltre debilitare, nello scontro, la velocità del canale, servono spesso di partiacqua, e ne volgono una parte contro la sponda, a corroderla, o a perdervi parte della velocità, nelle varie briccole, al che soggiace. I piavi de' ponti, che restan sotto acqua, e gli archi di essi coi loro timpani, o le chiuse, che vi fanno i pescatori, e altri simili impedimenti, ho gia mostrato, quanto nuocano allo stato ordinario del canale, e la necessità di provvedere agli inconvenienti, che portano. Qui parleremo d' altri impedimenti, piu comuni ai fiumi, de quali alcuni autori han parlato, ed han preteso d' avervi fatte intorno delle sperienze a vedere quale resistenza offrano al corso dell' acqua, e quali modificazioni prenda essa nella sua velocità attuale.

II Poniam primamente, che dall' una all' altra ripa sorga un ostacolo al corso gia regolato d' un fiume. Imaginiamolo alto 6 braccia, e che l' acqua non abbia forza di scavalcarlo. Dunque l' acqua, che prima passava sul luogo, ch' esso occupa, ne resterà intercetta, e non potrà piu defluire, e dovrà rimanersi morta, per tutto il tratto anterior del canale, fin dove opera, ad impedire il corso all' acqua, l' altezza dell' ostacolo, che la Teoria ordinaria fa limitare da un orizzontale, condotta dalla sommità del ostacolo all' ingiù fin che venga a tagliar la linea del fondo del fiume. Se quest' ostacolo occupasse 60 piedi quadrati della sesione del fiume, impedirebbe 60 quadretti d' acqua, dallo scorrere pel sito, per cui prima scorreva. E se l' acpua corrente in totale fosse 200 quadretti; converrà, che si alzi tanto sopra le attinenze dell' ostacolo, onde non ostante i 60 piedi, occupati del fondo, corran per quella sezione i 200 quadretti. Nel fondo, che sussegue, non intervenendo altro impedimento; l' acqua si terrà al solito livello. Farà però una, come cascata, dal sito, ove si sia elevata sull' ostacolo, al di sotto di esso, che potrebbe produrre un escavazione proporzionata nel fondo, e un interimento dopo essa. La velocità del fiume, sotto l' impedimento, sarebbe maggiore in grazia della

cas-

cascata, ma poi si ridurebbe al solito corso, non dovendosi impiegar solo tale velocità, nella conservazione del moto acquistato nella caduta, ma dovendosi scompartire, nel dar il moto competente al corpo dell' acqua, che riman coperto dall' ostacolo, e che non sente più la forza, che prima spingevalo al moto, intercettagli dall' ostacolo. Se la forza, acquistata nella caduta, fosse capace di dar il moto conveniente a quell' acqua che rimane come morta, e ne avansasse ancora a sollecitar maggiormente il corso dell' altra; tutta quella sotto l' ostacolo, movendosi con maggior velocità di prima, correrebbe più sottile, di quel che prima correva. Altresì se la caduta, nel perder parte di sua forza contro l' acqua, o contro il fondo, su cui casca, non avesse la forza, di far muouere l' acqua sotto l' ostacolo, colla velocità di prima, ma con minore; seguirebbe a moversi in maggior altezza di prima, per cercar compenso, colla maggiore altezza a ciò, che non può smaltire, colla indebolita velocità.

III. Supposto, che l' ostacolo improvvisamente si getti nell' acqua, come se si gittasse a traverso un alveo, di non molta larghezza, un trave pesante, che si accomodasse al fondo, onde intercludere ogni corso; l' acqua prossima al ciglio del trave, che tenesse quei tali gradi di velocità, proporzionati alla cadente del suo fondo, e all' altezza dell' acqua sul fondo stesso, nell' atto dell' urto, che farebbe nel trave; colla velocità, di cui è in possesso, se fosse in istato di vincer la forza di quella, che raderebbe il trave (e potrebbe esservi, perchè l' acqua inferiore ne' canali liberi è più veloce della sua superiore) salterebbe sopra il trave, ad occupare il sito della superiore, e radente il trave. Ma in questo sforzo perdendo vigore; sarebbe d' impedimento alla sua seguace, di far altrettanto, e se questa in qualche modo riescisse, a scavalcare il trave, perderebbe anch' essa, nella lotta, della sua forza, e molto più quella, che le tien dietro; onde in pochi momenti tutta l' acqua, avanti al trave, fino al sito almeno, ove termina l' orizzontale già detta, cesserebbe da ogni moto, fuor solamente quella, che toccasse l' acqua scorrente sul trave, che, colla sua prevalenza, che potrebbe esser notabile, trarebbe seco una porzione dell' acqua, quasi ingorgata, fino a formarsi anche un fondo acclive alla sommità del trave. Se posto il trave, l' acqua che viene ad incontrario, non avesse podestà di scavalcarlo, e di vincer la forza dell' acqua, che liberamente vi scorre sopra; nel cozzar primo nel trave, ricevendo da esso una reazione, uguale all' azione, con cui l' ha investito, e comunicando questa alla sua seguace, e da questa facendosi sentire alla sua posteriore; in brevissimo tempo vien cessando ogni velocità nell' acqua bassa

del canale: tutta la sua azione si riduce ad una pressione pura, proporzionata alla colonna, che prima l' animava, e qualche impulso, che potesse ricevere, all' estremità del suo ristagno, dall' acqua corrente, che sapesse investirla opportunamente

IV. Se, ai fianchi, l' ostacolo lasciasse qualche apertura, come verso una ripa; l' acqua, per questa parte non impedita, proseguirebbe il solito suo corso. Ma l' acqua a lei laterale, ingorgata nel gia descritto modo, e nella compressione, in cui trovasi da filamenti superiori laterali, che urtano in essa, tendendo a rimettersi da quella verso quella parte, a cui trova minore la resistenza, e trouandola infatti minore, verso la parte rimasta libera, volge a quella i conati, che vi sono a portata, e cerca anch' essa lateralmente d' insinuarsi alla corrente, e vi si avvicina, quanto può, e con varj filamenti le riesce d' unirvisi, e scorrer con essi per l' apertura, e intanto accrescendo la corrente, le accresce la velocità, di cui profitta, per vnirvisi, quanto può, e se non altro aumenta la forza della corrente, a corrodere la ripa, e a farsi una strada piu larga, a cui anch' essa accorrere. Percio, quando porgonsi zazzere d' alberi, a modo di pennelli, o per rivolgere il filone dalla botta corrosa, contra l' opposta alluvione, o per proccurar deposizione in qualche profondità a piè degli argini, raccomandasi tanto, che, tra la zazzera, e la ripa, non si lascia interstizio, per cui possa correr l' acqua, tra la zazzera, e la ripa, otturandolo con altra piccola zazzera, o in altro modo; affinchè l' acqua non vi corroda maggiormente la scarpa del argine. Se poi il trave posto sul fondo non combacciasse esattamente con esso, ma vi lasciasse qualche vano; per questo certamente l' acqua si farebbe un filone, che rivolto per ventura verso la scarpa, se il corso dell' acqua fosse vigoroso, vi aprirebbe una lunata, scarnando il pié della scarpa, che trarrebbe seco la ruina della parte soprastante, e proseguendo la cagione, aumenterebbe vieppiù il danno. Quindi è pure che nel formar pennelli ambulanti, con travi, e con graticcj, ad essi appoggiati, nelle corosioni variabbili, s' inculca tanto, nel formar la base dè graticci, di prender la curva del fondo, a cui debbonsi adattare, onde, sotto niun graticcio, non trovisi niuna apertura, per cui innoltrando un filone, non portisi a corrodere il piè della scarpa dell' argine in quella dirittura.

V. Se questo ostacolo trovasi ad una sola parte del fiume, perchè il filone non batta piu nell' argine; incomincia l' ostacolo, come si è gia altrove dichiarato, a ringorgar l' acqua, e piu, presso la sponda, ove è piu lontana dall' esito, che trovasi alla punta. Tale ingorgo chiamasi molente. In questa batte propriamente il filone, e non deve battere nel pennello; in questa

sta formasi, in totale, una curva dal filone, che, nello svolgersi da essa, va a batter direttamente l' alluvione opposta, nella linea giusta della facciata anteriore del pennello, a distruggerla tutta fino al sito, che è orizzontale alla parte del pennello, a cui giugne l' altezza della piena del fiume. Oltre a ciò, facendo perdere all'acqua parte di sua velocità, nella curva, che descrive il filone, depongonsi le torbide sotto al pennello, e incomincia il fiume a interrire al piè della corrosione, se l' acqua non riesce ancor troppo veloce, da poter trasportare seco le torbide, non ostante la perdita prima di velocità. L' altezza poi del pennello formando un rigurgito nell' acqua anteriore, da esso estendesi il rigurgito, come si vedrà in seguito, fin oltre al sito ove l' orizzontale condotta dalla maggiore altezza, che riflette l' acqua, và a ritrovare il fondo superiore. Fino da quel punto trovando l' acqua superiore impedimento al suo corso, perdendo di velocità, comincia a deporre, e cercasi altra strada più libera, e abbandona il primo corso, per prenderne un altro più libero. I pennelli fatti alla terribile corrosione di Luzzara, da tanti anni invincibile senza essi, han prodotto un largo interrimento, avanti la lor fronte, e questo ha cominciato ben superiormente a Dosolo, nel sito appunto, ove il loro rigurgito all' insù impediva il solito corso a l' acqua, e coll' indebolimento della velocità, ha promosse le deposizioni, e l' interrimento proporzionato. Questo ingorgo poi si estende ancora in largo, quanto estendesi, in complesso, l' azione della lunghezza dè pennelli, e degli interrimenti, che van producendo. Le punte delle lunate, e gli sporti delle scarpe degli argini, facendo anch' essi da piccoli pennelli, nè quali urtano i filamenti laterali del fiume, forman di essi un piccolo filone, che và ad urtar nel grande più poderoso, che mette il debile in vortice. Se lo sporto è propriamente al fondo del piè della scarpa, forma un vortice, che non apparisce alla superficie, ma rode al basso potentemente. Certe specie di pennelli, che formano i Pescatori, se il filone tiensi a questa parte producono un filone secondario, che, urtando nel principale, mettesi in vortice dannoso alla scarpa.

VI. Se l' ostacolo trovasi in mezzo al fiume; o trovasi nel filone, o fuor di esso. Se và a rotolar nel sito del filone, che è il più basso del fiume, qualche burga, piena di materia pesante, che diserti dalla scarpa d' un argine, su cui erasi sdrajata; forma questa un partiacqua al filone, che lo divide in due; e la parte, che volgesi verso l' argine, lo va a corrodere al piede, se vi è a portata; la parte che spingesi verso il fiume, mette in vortici i filamenti laterali men veloci, che accompagnano il filone, ch' essa attraversa. L' acqua sopra vegnente, urtando in essi, perde di velocità, e forma deposizioni, se ne

per-

perde, quanto è necessario, che spesso vanno aumentando, se felicemente una piena non le disperda. Alcune volte qual ho tronco d' albero, trasportato dal fiume, e arenatosi in qualche sito, e copertosi tutto di torbide, colle quali restate anco alle piene, ha cominciate tali deposissioni, dalle quali son nate isole, che vieppiù sonosi dilatate. I Burgoni piantati in mezzo al fiume, a sostenere le corde dè battelli dè porti volanti, nel divider l' acqua veloce, verso una ripa vicina, han prodotta in essa qualche forte lunata, o coll' indebolire la velocità han promossi degli interrimenti, che ingranditisi han obbligato il filone a cangiar direzione, e spesso a danno dell' arginatura. I laterali ancora delle sabbie, o delle alluvioni, nè quali urta il fiume in piena, fanno allora da varì pennelli, e portano il filone, che formano, contro la superior parte della scarpa. Gli interramenti, che si fanno alla estremità posteriore delle Isole, se vengon talvolta, per cangiamento di fondo, a ricercare, se non il filone, i filamenti di esso piu prossimi e veloci; servono anch' essi di pennelli, e nell' atto, che assottiglian l' estremità dell' Isola, mandano una specie di filoni talvolta, contro la scarpa dell' argine vicino. E come l'estremità dell' Isola, continuamente corrodendosi, varia di figura; varia altresì il filone da essa formato, e guasta, sempre piu al basso, la continuazione della scarpa dell' argine. Sono questi gli effetti principali, che la sperienza ci fa uedere di continuo prodursi dall' urto dell' acqua contro gl' impedimenti, risaltati dal fondo, e dalle ripe dè fiumi, che portan torbide con seco, miste alle loro acque.

VII. Le Teorie parlando in generale (Zendrini Cap. 7. n. 7.) dividono gl' impedimenti, che trapponsi all' acqua in tre classi, e giustamente. I. quando l' angolo che fa l' ostacolo all' acqua è meno ottuso; tanto maggiore resistenza soffre l' acqua, in superarlo. II. quando l' angolo, che fa l' ostacolo all' acqua, è retto, o sia a piombo sul piano orizzontale del fondo, le resistenze, che da esso soffre l' acqua corrente, sono ancor maggiori. III. e più crescon ancora, quando l' ostacolo fa, contro l' acqua, un angolo acuto. Per lo che vien ripreso il Michelini, perche ha suggeriti penelli ad angolo acuto contro la ripa. Or ciò, che di resistenza fanno i pennelli al corso dell' acqua, devesi proporzionatamente intendere, secondo le Teorie, anche d' altri corpi, che riescono come penelli isolati. La ragione intrinseca della maggiore, o minore resistenza, vedesi riposta nella maggiore, o minore dificoltà, che trovi l'acqua a disimpegnarsi da tali impedimenti. Infatti minore è rispettivamente la resistenza, quando il penello è piu ottuso, col corso dell' acqua, e colla ripa superiore del fiume, perchè in esso l' acqua facilmente si sbriga dall' impedimento, secondando l'angolo ottuso

e tan-

e tanto più facilmente, quanto è più ottuso, non dovendosi fare, che una piccola piegatura. Ma per credere, che l' acqua soffra maggiore resistenza, quando il penello fa angolo acuto colla ripa superiore; bisogna immaginare, quantunque non sia vero, che l' acqua, radente, parallella alla ripa, venga progredendo fino all' angolo, che fa il penello colla ripa, e poi sia astretta a piegare lateralmente, secondando l'altro lato dell' angolo acuto, o sia la facciata, o il fianco superiore del pennello. Se ciò fosse, chiaro è, che molto stentatamente, l' acqua dovrebbe piegare nell' angolo, e poi ripiegar continuamente sempre più, lungo quel lato, e tornar come in dietro, finchè trovisi alla punta del pennello; ove recuperare la sua libertà, e rimettersi nel corso progressivo, totalmente già perduto. Ma come può mai formarsi un idea sì stravagante del corso dell' acqua? Mettiam anche, che l' acqua laterale non perdesse la sua forza, nell' urtar nell' angolo del pennello; e che le ne soppravanzi, per cercarsi la strada di minor resistenza. Ma come può essere strada di minor resistenza, l' inviluparsi entro l' angolo acuto, per tenersi appoggiata alla parte più solida? Come può essa vincer la forza degli altri filamenti, tanto di lei più robusti, e che se urtasser nel piano del pennello, urtarebbero in un piano inclinato verso il vertice dell' angolo, e contro il corso dell' acqua laterale, prossima alla ripa; che cercasse svilupparsi dall' angolo, e che sarebbe tanto più tarda? Ciò basta a dimostrare l' impossibilità, della descritta evoluzione dell' acqua. Ma questa può ben dar un idea del come formisi l' angolo solido, d' acqua stagnante, entro la cavità, dell' angolo acuto del pennello colla ripa superiore. Entrandovi nello stesso tempo l' acqua, come avverrebbe, se in un momento si cacciasse il pennello nel fiume con un angolo di 30 gradi colla ripa superiore; l' acqua chiusa nell' angolo acuto non potrebbe dar addietro, perchè incalzata dalla sua superiore, che ha la stessa velocità; e non potrebbe cacciarsi verso la punta dell' pennello, perchè osta la convergenza all' insù del pennello, che la imprigiona colla ripa: e ancora che non fosse tanto convergente il pennello, osterebbero i filamenti laterali più prossimi al fiume, e più robusti che non potrebbero esser superati dall' acqua laterale più debole. L' urto di questi filamenti nel pennello, che per essi è un piano inclinato verso la ripa; si determinerebbero, coll' eccesso di lor forza su quella, che tiene l' acqua più presso la sponda, a respinger questa verso l' angolo, se questa avesse l' orgasmo di passare alla punta del pennello. Dunque tra la punta del pennello, ossia da poca distanza da essa, e tra la riva, si deve formare un acqua morta, e ingorgata, cioè un angolo solido d' acqua,

cene

come stagnante, nel senso già sopra spiegato. Nel qual angolo solido poi, urtando l' acqua del filone, si forma in esso una curva, come si è dimostrato, sortendo dalla quale, quando il pennello è ben posto, va ad investire, e abbattere tutta quella alluvione, opposta al centro, di corrozione che troppo restringe l'alveo.

VIII. A questa Teoria certa, corisponde altra sperienza certa, ma contraria alla dottrina del Zendrini, che sia maggiore la resistenza, che trova l' acqua, da un corpo appostole contro, ad angolo acuto di 30 gradi, di quella che proverebbe dallo stesso corpo postole contro ad angolo ottuso di 150 gradi. Imperochè formandosi l' acqua entro, e sopra l' angolo acuto, un angolo solido, per poter fuggire da esso, se l' angolo solido sarà di 150. gradi; troverà l' acqua la medesima facilità a scorrere nell' uno e nel altro caso. Così ogni qualunque volta l' angolo acuto, con cui si presenta un ostacolo all' acqua, è di tanti gradi, quanti ne mancano all' ottuso per arivare ai due retti; l'acqua corrente troverà uguale resistenza nell'uno, e nell'altro caso, e non maggiore nell' angolo acuto: Imperocchè, se è necessario, nell' angolo acuto, all' acqua, il comporsene, ristagnando al di sopra, un ottuso, onde scorra da esso il più liberamente, che può; è di necessità, che nell' abbatersi in un corpo, che le faccia prendere un angolo ottuso, uguale a quello, che essa formasi nell' acuto debbavi scorrere ugualmente libera. Vero è che in angolo ottuso, e anche in ogni angolo, meno acuto cè 30 gradi, che abbiam supposti, opererà l' acqua piu prestamente, a comporsi l' angolo ottuso, necesario al suo libero deflusso. Ma non è cio di che si tratt; non cercasi il tempo, che dovrà impiegare, a formarsi l' angolo stagnante, con cui possa defluire piu prontamente: questa è una quistione inutile, e forse indeterminabile. Cercasi la quantità dell' impedimento, che nel suo corso ordinario le presentino i corpi, che emergon dal fondo, coi loro piani verticali, con angoli, non tanto relativi alle sue ripe, ma alla direzione del suo filone, o dè filamenti ad esso paralelli: e questo è, il cercare la resistenza, che le fanno, e vuol dire, quante braccia, e oncie di meno percorrerà l' acqua, al minuto secondo, in grazia dell' impedimento, a confronto di quelle, che percorreva, o potrebbe percorrere, senza il detto impedimento.

IX. Ne solamente sarebbe da riflettersi ai gradi componenti l' angolo, ma anche alla lunghezza del lato dell' angolo, che si oppone al corso dell' acqua, cioè alla lunghezza del pennello, e non gia la perpendicolare alla ripa, ma la obbliqua, dalla sua punta fino all' intestatura. Quanto è piu lungo il pennello, maggior quantità di filamenti del filone è da esso

inter-

intercetta, dal proseguire il suo corso ordinario. Se questi fossero 1000, e la lunghezza del pennello non ne intercettasse, che 800; gli altri 200 proseguirebbero il solito lor corso, con quella piegatura all' infori, che lor darebbero gli 800. nel tendere alla punta del pennello, ove è per loro la minore resitenza al deflusso, e con una giunta di velocità, loro comunicata dagli 800, nell' urtarli all' infori. Trattanto gli 800. intercetti dal corso, nel caso di un pennello obbliquo, che secondi il loro moto, o nel caso dell' angolo solido obbliquo, che si son composto, debbon tutti forzarsi, di unirsi lateralmente al filone, per defluire con esso, fuor delle angustie, in cui trovansi. Se invece d' essere 800, fosser soltanto 400, in grazia della minor lunghezza del pennello, che li ritiene, certo è, che stando tutte l' altre cose uguali, piu prestamente si dispaccierebbero dal ristegno, in cui sono. Essendo 800, spacciati i 400, ne rimarrebbero altrettanti, che dourebber confluire alla punta del pennello, perché tutta l' acqua intercetta superiormente, abbia, come e dovere, il suo scarico. Non dirò, che i secondi 400. dovessero impiegarvi il tempo dè primi 400. Questi eran piu prossimi alla maggior chiamata, questi eran piu veloci, perchè piu aderenti al filone; questi dunque piu presto doveano esaurirsi, dei secondi 400, e tanto piu, che venivano affrettati nel loro moto, anche dalla pressione dei secondi. Quantunque questo maneggio, non formisi addosso al pennello, ma nella molente anteriore, da esso formata; succederà in questa, piu in ristretto, ma nel modo medesimo, che più in largo si opererebbe dal pennello. Dunque anche la lunghezza del pennello, oltre la piegatura, che fa fare all' acqua, come un piu corto; deve allungare il ramo discendente della curva, che si forma nel ristagno. Prolungandosi la piegatura della curva, deve essere maggiore la perdita della velocità, e piu atta a promuovere, sotto al pennello, maggior deposizione di torbide. Cio, che operi la maggior lunghezza del pennello, e come questa non sia arbitraria, ma dippendente dalle circostanze é stato posto nel suo lume, trattandosi dell' altezza, lungheza, e direzione da darsi agli stessi, nell' Idraulica pratica ragionata.

X. I gomiti de fiumi, nelle sponde dè quali venga urtando, o sia diretto il filone; consideransi da alcuno, come una specie d' ingombro, che, dal fondo del fiume fino alla sommità dell' acqua, si presenti alla corrente, dovendo questa piegare, come nell' incontro di pennelli, e perdere di sua velocità ed energia, come nell' urto contra essi. E come quanto è piu lungo il pennello, tanta piu curvatura deve far l' acqua ad ischivarlo; e quanto é maggiore la curvatura, è anche maggiore la perdita della velocità, pel famoso assioma tante volte ridet-

ridetto, che cio, che impiegasi in un effetto, non dee computarsi in ordine ad altro effetto; così, quanto è piu forte la piegatura del gomito, maggior sia la perdita della velocità, che fa l acqua, ossia maggior divenga la resistenza, che soffre l' acqua nè gomiti piu forti, cioè in quelli che piu si accostano all' angolo retto, o sia in quelli, nè quali la direzion del filone fà un angolo retto colla tangente condotta al vertice del gomito. Come poi la resistenza, che trova l' acqua nel gomito, comincia dal fondo del fiume, e sale fino alla sua superficie; ecco perchè s' assomigliano ad un ostacolo, che perpendicolarmente, nel caso qui espresso, si opponga al corso dell' acqua. Or come, avanti ai pennelli, l' acqua progredir deve, per curve differenti, nè diversi fili d' acqua, piu, o meno rimoti dal luogo del flusso libero, e piu, o meno veloci, quanto piu prossimi, o meno, allo spirito dell' acqua; così, in tutte le risvolte, é astretta l' acqua, a mettere i suoi filamenti in curve diverse, finché trovi la strada libera, e retta. Ciò, che soggiungeremo di queste risvolte, converrà eziandio alle curve, che descrive l' acqua sopra i pennelli. Le curve, che fa l acqua in correndo assomiliansi in Teorica al viaggio di un corpo, obbligato a correre su diversi piani inclinati, di una larghezze infinitamente piccola. E come la perdita della velocità di tal corpo, sarebbe una differenziale del secondo grado; così la perdita della velocità di un acqua, che corresse per una curva stabilita, non è da computarsi, che per un differenziale del secondo grado: quindi come uguale a quella, che aurebbe l' acqua, che corresse rettamente. Questo moto dell' acqua nè gomiti, nè quali non perde sensibile velocità, chiamasi dai Teorici rispettivo, e chiamasi molto assoluto quello, che deriva dal maggior, o minor viaggio, che deve far l' acqua, per arrivare allo stesso termine, a cui piu presto giugnerà l' acqua, per una strada retta, che per altra tortuosa. In questa maniera le svolte, o anche le lunate grandi nelle corrosioni, fan di resistenza al corso dell acqua, perché lo ritardano, obbligando l' acqua ad impiegarvi maggior tempo nel trascorrerlo, o a sollevarsi a maggiore altezza, per supplire colla pressione alla perdita della velocità: ond' è, che nelle risvolte richiedesi maggiore arginatura, che nè tratti retti dello steso fiume. Si è fatto il calcolo dal Zendrini, sulla massima, che le velocità dè fiumi sieno in ragione inversa della lunghezza dè loro alvei, che l' Adige, che al Castagnaro tien 120 oncie d' altezza d' acqua, ed è lontano dal mare, nella via tortuosa che tiene, pertiche 42100; se si drizzasse, e si riducesse la lunghezza del suo alveo a pertiche 31521, col prendervi le risvolte, che ha; calerebbe d' altezza 30 oncie. Che, se poi si rettificasse tutto intiero l' Adige, che, per

le

le sue risvolte, è come 4:3; l' altezza ordinaria di 120 oncie d' acqua si ridurrebbe ad 80.

LEZIONE XXX.

Ritardamento nella velocità dell' acqua pei rigurgiti del recipiente. Esempio del Panaro messo in Po, e del Reno da immettervisi.

I. E' pure un ostacolo, che si presenta ad un acqua corrente, quando, sotto qualche angolo, sboccar deve nel suo recipiente, sia esso un fiume, oppure il mare. Dovendo sboccare sotto il pelo del recipiente, le convien dividere la massa, in cui entra, per farvisi luogo, e vincere, per lo più, anche la velocità di essa. Ma qual direzione prenderà l' influente? Insegna la Teoria, e vi concorda la sperienza, che esprimendo con una linea la forza dell' influente, e nella sua vera direzione, ed al fine di questa, con altra linea, parallella alla sponda del recipiente, esprimendo pure la forza del suo corso; la diagonale condotta dal principio della linea, che esprime la forza dell' influente, al fine della linea, che esprime la forza del recipiente, secondo la legge dè moti composti, sarà la direzione, che prenderà l' influente, entro il recipiente, in linea retta, se l' esponente della velocità dell' influente, non è diverso dall' esponente della velocità del recipiente. Essendovi diversità; la direzione si farebbe per vna curva. Ma questo doversi far largo l' influente, nella massa del recipiente, e veloce, deve costargli fatica, e questa fatica deve esso mostrare, coll' alzarsi sull' ordinario suo pelo, per prender forza a superare le resistenza, e dimostrarla, nella perdita della sua prima velocità. Or dal determinare la quantità dell' alzamento, che dovrà far l' influente; si vuol misurare la sua fatica, ossia la quantità di resistenza, ch' esso trova, e tal quantità di alzamento chiamasi rigurgito, che soffre l' influente dal recipiente: e la maniera di misurarlo consiste, nel determinare, quanto spazio, dallo sbocco all' insù dell' influente, esso si propaghi, avuto riguardo alla velocità dell' influente, e del recipiente, e all' altezza delle loro acque, ed all' inclinazione colla quale uno entra nell' altro: elementi troppo giusti nella stima dell' effetto. Dall' alzamento, che fa l' acqua d' un influente alla sua foce, per l' ostacolo del recipiente, perde l' influente di sua velocità, perché in alzandosi la sua acqua di superficie, e alzandosi il suo sbocco, per l' acqua, o morta, o quasi morta, che rialza il fondo, in ordine al deflusso dell' acqua dell' influente; venendo questo a perder, con ciò, della cadente anche di fondo vivo, deve perdere di sua velocità

locità; e per acquistarla, in modo di scaricare, anche per la sezione, del suo sbocco, la stessa quantità di acqua, che scarica nelle altre sue sezioni superiori; deve anche, in queste, alzarsi di superficie, finche se la formi conveniente al suo uopo, di trasfonder la stessa per ogni sezione

II. Il Guglielmini, ed Eustachio Manfredi insegnarono colle loro Teorie, che il ringorgo, cagionato da un recipiente nell' influente, non si estende più alto nell' influente, che al punto ove un orizzontale, condotta dal pelo più alto del recipiente, va ad incontrare, e tagliare la linea, che esprime la cadente materiale del fondo dell' influente. Ma la sperienza ha dichiarata falsa queste teoria. Il Padre Frisi in una Roggia, o canale di Roveredo, sulla quale erasi costretto un nuovo edifizio, al di sotto di un altro, che prima vi esisteva; con acconcie osservazioni poté assicurarsi, che il rigurgito dell' alzamento dell' acqua necessario a far agire il secondo edificio, quantunque colla sua orizontale rimanesse sotto alla pala dell' edificio superiore; cio non ostante il suo effetto propagavasi ancor più in alto, perchè restava diminuito il numero delle rivoluzioni della ruota superiore, quando agiva l' inferiore, dal numero delle rivoluzioni della stessa ruota superiore, quando si lasciava correr libera l' acqua, senza far agire la ruota inferiore; del che si parlerà in progresso. La ragione di ciò balza agli occhj da se, senza molto farsi ricercarsi. Se in tutto il tratto di canale interposto, fra la somità dell' ostacolo, e il punto, ove l' orizzontale, condotta dalla detta sommità, va a tagliare la linea del fondo del canale, deve esser fondo morto, perchè per esso è intercluso il corso all' acqua; dunque l' acqua del canal sentesi tolta tutta questa cadente, di che godeva, prima che fosse posto l' ostacolo sul fondo. Dunque deve risentirsi superiormente, per la mancanza di tal caduta, e deve di necessità alzarsi di superficie, fino al segno, di procacciarsi colla pressione quella velocità, che le è stata tolta dalla diminuzione della cadente, che le era necessaria. Dunque l' azione del rigurgito, fatto da un ostacolo qualunque, deve sicuramente estendersi oltre al termine del fondo, a cui giugne l' orizzontale, condotta dalla sommità dell' ostacolo, contro il corso del fiume. Come poi il complesso della velocità dippende anche dalla cadente, o declività, maggiore, o minore della superficie dell' acqua; è pur chiaro, che alzandosi la superficie del fiume sopra il luogo del rigurgito, perché vi passi la stessa quantità d' acqua delle altre sezioni; deve proporzionalmente alzarsi l' acqua superiore, e perdersi la prima declività. L' elevazione, sul luogo, del rigurgito fa perder la pendenza alla superficie, anche al tronco superiore, e così fa propagar l' azione del rigurgito, ben al di sopra del termine dell' orizontale sul fondo. Questa tale altezza di superficie, che formasi nell' al-

to

to, che si estende il ringorgo, forma nell' atto stesso, una come cascata, dalla sezione verticale, che passa per la sommità dell' ostacolo, al di sotto di esso, se l' ostacolo è isolato. A misura che ha luogo la cascata; l' acqua, superiore ad essa, aumenta di velocità, e si assotiglia, e si abbassa di superficie; e in ragion dell' abbassamento di questa, prende velocità, anche la superiore al termine della orizzontale del ringorgo, e assotigliandosi anch' essa, offre una maggior cadente di superficie, finchè siansi formate le sezioni, che trasmettan tutte la stessa quantità di acqua. L' attrazione mutua delle particelle acquee tra loro, e la loro quasi uiscosità, giovano a diminuire la prima elevazione di superficie, e quindi anche all' accelaramento, accrescendo, in proporzione, la cadente superficiale sull' acqua ingorgata. Ma l' accelerazione, sopra immediatamente la cascata, che si distingue chiaramente col mezzo de galleggianti, poichè in un solo piccolo spazio, cioè nell' ordinata massima della curva, che afferra l' acqua in cadendo, si compenetra la pendenza tutta, che aveva l' alveo in tutta l' estenzione del ringorgo, che sente la chiamata; tale accelerazione, dissi, ha di particolare, che devesi principalmente alla chiamata della caduta stessa dell' acqua, ed alla adesione tra loro delle particelle superficiali del fondo morto, e vivo. Quindi essa; per quanto puo distinguersi dà galleggianti, non estendesi molto sopra la cascata, ossia alla chiamata piu forte dell' acqua, mentre l' altra, nata dall' abbassamento della superficie, estendesi molto piu sopra. L' accelarazione maggiore di questi galleggianti, in grazia della chiamata, avanti le traverse, o pescaje, fatte per animare edificj, comincia per lo piu, 40 braccia circa, in distanza del ciglio della pescaja, da cui trabocca l' acqua, e anche andando l' acqua acclive alla pescaja.

III. Si è cercato di determinare, quanto gl' impedimenti di pescaje, e simili obici, propaghino il loro reguigito, ossia, a dir piu giusto, l' effetto di essa, al di sopra della orizzontale, condotta dalla loro sommità, contro il fondo superior del canale, colla osservazione del diminuimento di velocità, in una ruota d' un edifizio soprastante. Noi siam debitori di queste cognizioni al sapere, e alla deligenza del Padre Frisi sappiamo dà suoi esperimenti, fatti con tutta la solennità, prima ingenerale, che l' ostacolo o alzato inferiore portava un ritardo ben considerabile nel moto della ruota superiore, avvegnache a questa non arrivasse l' orizzontale dell' ostacolo, ma rimanesser di sotto. Prescindendo dall' alzato, che formava l' ingorgo, l' impedimento, che portava la sola roia inferiore allo scarico dell' acqua, che intoppava in essa, propagavasi al insù, a ritardar sensibilmente le rotazioni della macchina superiore. Venendo pos-

porcia al particolare della quantità del ringorgo, espresso nella quantità del danno da esso cagionato, a canale abbondantissimo d' acqua, era di un sette per cento, e a canale d' acqua mezzana di un cinque per cento, e a canale, scarso d' acqua nelle siccità, di un tre per cento. Come poi, il danno fosse maggiore, il che importa minor velocità nella ruota, quando la forza, a muover la stessa, era maggiore; questo paradoso spiegasi facilmente, al sapersi, che in acqua abbondante, gli scaricatori portavan l' acqua soprabbondante, al di sotto della ruota, che operava, e oltre l' acqua abbondante, che moveva gia la ruota, l' altra, ancor piu abbondante, gittandosi nel canale stesso, per gli scaricatori, o stramazzi, sotto la ruota, vi aumentava il corpo dell' acqua, che agiva, di sotto, contro la ruota stessa, che doveva, nel rivolgersi cacciarla di sito, in maggior quantità, e colla sua resistenza le toglieva la forza impressale, e in abbondanza, dall' acqua urtante la ruota superiore. Se l' acqua degli scaricatori si fosse fatta sortir dalla Roggia e correr ad essa parallella, fino ad un punto piu basso sotto la seconda ruota, da cui non potesse dar rigurgito alla prima; non sarebbe avvenuto il paradosso.

IV. L' altro caso, piu difficile a risolvere, si è, quando un fiume deve introdursi in altro, o sia in mare, in cui debba farsi largo tra l acqua di quello, colla forza della perconcetta velocità, nella caduta delle parti superiori; quanto verrà a perdere di sua velocità, e quanto alzarsi di fondo morto, e fin dove si estenderà l' alzamento, e il regurgito. Se poi l' uno, e l' altro fiume, porti torbide pesanti, se queste potran proseguire unitamente il loro corso, fino al mare. Se un fiume reca dei danni ad una Provincia, cercasi di rivolgerlo per un altra, per darvi migliore scarico; e si studia di provare, che, per quella nuova strada, non farà danno a niuno: ma se è un fiume soggetto a rotte, vi sarà sempre il pericolo, sebben piu rimotto, di quelle. Cio non ostante, se giovi ai vicini, e non nuoca a noi, il ricever sul nostro un qualche fiume, e se cio torni a pubblico vantaggio, e non soltanto di particolari; vuole l' equità, che si presti il nostro assenso. Il punto sta, ad assicurarsi, se l' immettere un fiume in altro, come, per esempio il Reno nel nostro Po alla Stellata, sia per esserci di danno. E come dovrebbe mettersi prima in Panaro, e con questo nel Po grande; sarebbe necessario l' assicurarci, se, è di quanto farebbe crescer Panaro nelle piene, e di quanto crescer Po, e se potrebbe portar al mare le torbide, senza deporle tra via. Si son c mpesti, su questo argomento, moti volumi; ma lo spirito di partito gli ha dettati in gran parte. Potrebbe esser utile pel nostro stato, il dilucidar quella materia imparzialmente.

mente. L' occazione di far vedere, se cio, che si fa dire alle Teorie, venga comprovato, o disdetto dalle sperienze, sembra richiederlo nella presente circostanza, in cui i Bolognesi, che hn vero diritto, di metter Reno nel Po di Ferrara, e di la per Primaro, e Volano in mare, (or che il Po di Ferrara si è gittato in Po grande, anche il Reno vi si sarebbe gittato se in questo frattempo non ne fosse stato maliziosamente distolto) trovandovi gravi dificoltà, pensano di meterlo in Po grande, ossia nel suo antico Po. Io non intendo gia di trattar questa quistione, ma di indicare soltanto i veri mezzi di risolverla, cioè di decidere, se le sperienze sien d' accordo colle Teorie, che si recano in mezzo.

V. Prima di tutto suppongo, che siasi verificato, esservi la cadente necessaria per introdur Reno in Panaro, e la cadente d' entrambi uniti, d' entrare in Po. Dal Po al Mare, se v' è la cadente, come il veggiamo per Panaro, vi sarà anche pel Reno, perchè l' unione di piu acque richiede minor pendenza, come è notissimo. Suppongo, che l' alveo, che si darà al Reno, per metterlo in Panaro, resti, in gran parte almeno, incassato, e così quella porzione, che si farà, per rettificar Panaro in Po, per acquistargli maggior cadente, e maggior deflusso alle piene. Suppongo, che l' angolo con cui Reno entrerà in Panaro, non sia tale, da respinger questo, contro l' argine opposto. Come però il Panaro troverà nel suo corso, che oggi ha libero, l' impedimento del Reno, che certamente gli stringerà la Sezione, se non gli venga a dovere allargata è a sapersi, nelle piene, di quanto si eleverà la superficie, a pericolo di tracimamenti. Ad onta delle Teorie, che han cercato di far crescere i recipienti ad altezze da metter paura, è certissimo, che Panaro immesso in Po dal 1638, ha fatto calare le piene del Po di Venezia, piedi 2, e oncie 10 crescenti, e che nel 1693 si trovaron gli argini di Po grande, piu bassi delle somme piene d' allora, piu di braccia 2, e al Ponte di Lagoscuro, braccia 2, e oncie 9, e un quarto. Mano mano poi, che Panaro si agevolava la strada in Po; il pelo basso di Po, ajutato dalla maggior velocità, che acquistava con Panaro, andava vieppiù calando. Dal 1600 al 1625, mentre Panaro andavasi sempre piu liberamente riducendo in Po; il pelo basso di Po era calato, riguardo alla soglia della Chiavica Pilastre, oncie 10. e un quarto, e dal 1660 al 1693 é di nuovo calato quasi 2 piedi, ricevendo sempre il Po le medesime acque. Così molte soglie di Chiaviche di scoli in Po, poste gia al pelo di Po, si son trovate mano mano sempre piu alte del detto pelo. E tutti questi effetti vengono comprovati dal numero assai minore di rotte, che da quell Epoca succedero. Il Po d' Ariano

ano anch' esso, che conduceva al mare l' acque nuove di Panaro, si è allargato anch' esso, e profondato: e tutto cio si ha da certissimi monumenti. Se dunque altro Panaro, come è il Reno, si introdurrà in Po; perchè non debbono aspettarsi simili effetti, ma temerne irragionevolmente i contrarj?

Il Ceva ponendo la massima altezza di Po di piedi 35, invece della più vera di 31, e che il rigurgito del mare facciasi sentire fino alla Stellata, che è pur falso, e che l' acqua del Reno sia la trentesima parte di quella di Po, che è molto minore, e che le altezze dell' acque di fiume crescano in ragione dè quadrati delle radici cubiche della quantità di acqua, non distinguendo nè anche, se corra libera o no; con tanti dati esagerati, non sa trovare, che oncie 9, e tre quinti di alzamento di rigurgito. Ma fatti i calcoli piu giusti dè suoi, e con dati anche piu sfavorevoli, risulta infine, che il regurgito di Po non si farebbe sentire nel Mantovano, che al piu per un quarto di miglio: il che vuol dire un bel niente, presi i dati giusti, e non a bello studio alterati. Le piene poi di Reno durando al piu 7 ore; ancora che, a Po basso, facesse il Reno alzare l' acqua al suo sbocco, un piede, e mezzo, come si è voluto maliziosamente supporre; anche in questa ipotesi si svantaggiosa; l' altezza degli argini ci garantirebbe d' ogni pericolo, quantunque di sì breve durata. Al confin nostro non si alzarebbe, in Po basso, l' acqua, che piedi uno, e oncie 5; a Fellonica 10 oncie; a Sermide 5; e zero a Bergantino. I rigurgiti del mare sarebbero ripresi da maggior forza.

VI. Nè l' acqua di Reno non farà piegare, contro la sinistra sponda del Panaro, l' acqua di questo, nè entrambe unite non faran piegare l' acqua di Po, contro la sua sinistra sponda, come portauan le travolte Teorie del Corradi, del Ceva, e d' altri. Imperocchè l' acqua di Panaro, altro Reno, tiensi in Po, a destra, e quella di Po, a sinistra, senza urtar punto nella sponda; e l acqua di Po chiara, che rigurgita, lateralmente, su per Panaro, tiensi alla sola sinistra di questo, e si fa ben distinguere dal color diverso. Cio si vide nella Visita del Card. Boromeo, stando il Po, in mezzana altezza, con piedi 12, e oncie 8, e due terzi, sulla soglia della chiavica Pilastrese, e mentre l' acqua di Panaro era sotto il piano della coltellata di S. Giovanni, piedi 3, e oncie 2, e mezzo crescenti. In tempo poi di piena di Po, e di magra di Panaro, l' acqua di Po, meno investita dal Panaro, tiensi piu alla sua destra, perdonando però, e alla sua, e alla sponda del Panaro. Nel progetto d' immetter Reno in Panaro all' imestatura del Po di Ferrara al Bondeno, dalla quale al Po, per la tortuosa via presente del Panaro, vi sarebbero pertiche Bolognesi 2289, ma che, rettificandosi Panaro,

to, si ridurrà a pertiche 1667, delle quali 500 fanno un miglio; si accorcierebbe la strada, à miglia 3, e pertiche 167, dalle miglia 4, e pertiche 200; e la maggior pendenza vi darebbe maggior velocità, per la quale il Panaro, solo, escaverebbe un fondo, parallello circa al presente, un piede almeno, e oncie 9, per non punto esaggerare. Per consenso si abbasserebbe anche, proporzionatamente, il fondo superiore, con gran vantaggio degli scoli. Unendo poscia il Reno al Panaro, siccome due fiumi uniti voglion minor pendenza, che ciascun d' essi separati, e avendovene di troppo; argomentando a simili, non è disdicevole l' inferire, che pel detto abbreviamento di corso, e per la dupplicazione dell' acqua, dovesse abbassarsi l' alveo del Panaro rettificato, dall' altezza del presente, piedi 3, e oncie 7. A proporzione escauandosi anche il tronco superiore; alla Chiesa del Finale dovrebbe escavarsi, almeno piedi 3, e mezzo. Così il fondo di Po andrà anch' esso escavandosi di più, colla nuova forza aggiuntavi; e sgombrando con essa anche gl' interrimenti allo sbocco: Anche poi, in ragion dell' abbassamento di questi, si escaverà l' alveo superiore, per metterlo alla sua necessaria cadente: onde non aurà bisogno di tanta arginatura, come prima della immissione del Reno, come gli è avvenuto, poichè ha ricevuto il Panaro.

VII. Quanto poi potessero alzarsi l' acque di Panaro, sul principio della immissione del Reno; dipenderà dalla larghezza, che si sarà proposta di dare al nuovo alveo, che deve contenerli entrambi, e della profondità, maggiore dell' odierna del Panaro di quel tanto, che si giudica, che dovrà escavarsi, per l accorciamento della strada, e per la dupplicasione dell' acqua. Certamente, prima che il Panaro si formi questo escavamento nell' alveo comune, se non si volesse formarvelo anticipatamente, dourebbe gonfiarsi, e in ragion del difetto, che troverà in esso; e andrà poi abbassandosi, a misura che va togliendosi il difetto. Potrebbe però il Panaro non crescere, nè pur un pelo, se nell' alveo, che gli si apprestasse, potesse raddoppiar la velocità, che teneva solitario, come fa il Reno di Germania, dopo aver ricevuta la Mosella, e la Mosa, e come fa il Danubio, dopo aver ricevuto l' Inn; e varj altri fiumi. Ma se avvenisse, nel tempo della prima immissione, una piena contemporanea di Po, Panaro, e Reno; che dourebbe temersi? Po non ancor proporzionato, in capacità, a tante acque, potrebbe crescere, per le Teorie più allarmanti dè Teorici ingranditori, oncie 9, e tre quinti. Ma da queste, per confessione degli stessi allarmisti, dourebber detrarsi 2 oncie almeno, per la rettificazione, che darebbesi al Panaro: onde al più, al più, si eleverebbe oncie 7, e tre quinti, sopra il livello suo antecedente. Tale alzamento

però

però non sarebbe, si può dire, che del momento, in questo senso, che a misura, che i fiumi uniti profondassero, e allargasser l' alveo, che fossesi trascurato d' allargare, e profondare, il che non è prosumibile; nella misura stessa si abbasserebbe la superficie dell' acqua. Ma ritenute anche le oncie 7, (che si potrebbero non ammettere, perchè i Mantovani, e gli altri interessati, nel dare il loro consenso, esigerebbero, che, prima che facciasi l' immissione; il nuovo alveo sia piedi 3, e mezzo piu basso del presente; e un terzo almeno piu largo); se ci poniamo a considerare l' altezza degli argini presenti di Panaro; questi hanno, nè sii piu bassi, piu di un piede d' altezza, superiore alle massime piene, onde il gonfiamento non potrebbe produrre tracimazione. Per mettersi poi anche piu al sicuro, dovrebbero obbligarsi i Bolognesi, a rialzar tutte le basse degli argini, al livello delle parti piu alte, colla pendenza debita, prima di dar loro licenza dell' immissione, nè sini massimamente, ove può stendersi il rigurgito, e in questi si può pretendere, che stieno sempre guardie, che abbian materiali apparecchiati, per accorrer tosto al riparo, al piu leggiero pericolo. Nel 1705 non fu Panaro, che tracimasse, o rompesse i suoi argini, ch' eran piu alti di quella terribil piena; fu l' acqua di Po, sortita superiormente dal suo letto, che correndo contro di essi, che le attraversavano il corso, li ruppe, e spaccò.
Seguito l' escavamento dell' alveo di Panaro, e Reno, poichè la chiavica di S. Giovanni è più bassa del fondo di Panaro piedi 1, 5, 11, per non dir molto di più; anche, per opra del solo Reno, verrà ad esser piu alta oncie 1, e un terzo, con grandissimo vantaggio dello scolo de' Mantovani, che acquisterà piedi 1, e oncie 7 crescenti di caduta, e molto più, se sarà da Bolognesi tutto intero il cavamento dell' alveo comune.

VIII. Nè le sabbie del Reno, portate in Po, non vi faran deposizioni. Il Corradi, per far temere un interrimento in Po, sostenne, che le sabbie del Reno erano 4 volte più grosse, piu dure, e piu bianche, di quelle di Po. Per paragonarle; le prese tutte da uguali distanze da Po quelle del Regno alla Rotta Cremona, quelle di Pannaro a Camposanto. Ma a l'intento di provare il suo assunto, e la natura delle sabbie, capaci ad interrar Po; dovea prender quelle del Reno, che entrerebbero in Po, non quello, che sarebbero rimaste per via. Dovea prender quelle del Panaro, al suo sbocco in Po, e quello del Reno da un luogo, che corrispondesse a quello, che sarebbero sboccare in po, ove depotte avesse le piu grosse, e ritenesse le sole sottili, abili ad esser tradotte in Po. Alla Rotta Cremona poi, prendevansi in un sito, ove il declive è alterato dalle rotte. Da' principj poi, ch' egli si stabilisce, nascon molti assurdi, e questo basti per tutti, che

non

non vi sarebbe niuna pendenza di monte, così scoscesò, in cui non potesse regersi la sabbia, che la veggiam precipitare al basso anche da se, sebbene minutissima da picole pendenze. Dice impossibile, che le arene, che portano i fiumi, non cadano al fondo, come è impossibile, che una palla, sparata da un cannone, non cada a terra. Ma se la palla, sparata dal cannone, avesse sempre quella forza, che la caccia fuori, e le fa percorrere tanto tratto d'aria, come l'arena ha sempre la forza dell'acqua, che la porta; ne anche la palla non cadrebbe a terra. Or oggi é verificato, che Reno non è piu torbido, nè di Panaro, nè di Po. Ma, ancora che Reno fosse piu torbido di Po, ha forza di portar le sue torbida in Po, ove la forza del Reno avmenterà per quella di Po, e le porterà molto meglio, massimamente che in Po auranno una densità minore, mescolandosi a tant' acqua chiara che porta il Po.
Se il Reno entrasse colle sue torbide in Po basso; anche in quello stato la velocità di Po sarebbe maggiore, perche sarà maggore la massa dell' acpua, con tutta la pendenza desiderabile. E quando Po è molto basso, le sue acque son chiare, e renderebber men torbida l' acqua del Reno: e se il Reno le porta in Po tanto dense; il Po le porterà molto meglio tanto chiarificate. E se una qualche porzione precipitasse; il Po in piena, aumentando tanto il suo vigore; le trasporterebbe seco. E se indurasser tali deposizioni, da non poterle il Po diminuire, né pur in piena; come esse restringerebber la sua Sezione, esso scaverebbe tra essi il fondo, o ai lati, a darsi la lunghezza necessaria, onde non restringerebber punto il letto. Se si è interito il Po di Ferrara in 16 anni, dacchè Paolo III obbligò il Duca, che ve l' aveva distornato, a rimettervelo; ora è manifesto, che è stata la mancanza di velocità, per l' acqua, che volgeuasi pel nuovo ramo di Venezia, né quando l' acqua del Po di Ferrara non era divertita, mai il Reno non interri. E se anche il Reno avesse interrito il Po di Ferrara; vi sarebbe ora gran differenza con quello di Venezia. Allora il ramo di Ferrara non portava, che una parte, e rispetivamente piccola del Po; ora il Ramo di Venezia la porta tutta: ed è una menzogna del Corradi, che quando Reno, col mezzo del Po di Ferrara, entrava in Po grande, abbia alzato il fondo di questo; ed è una vera contradizione a cio, ch' egli dice alla pagina 140 della sua Scrittura, e altrove, che il Po di Venezia andava sempre escavandosi, e allargandosi, a misura che scemava il Po di Ferrara, volgendosi vieppiu in esso colle sue acque.

IX. Per determinare, quanto l' impeto del Reno, entrando in Po, possa da se allontanare il filone di Po, e se spingerlo contra l' opposta ripa; convien conoscere la ragione, secondo le Teorie, della velocita del Po, a quella del Reno. Nell' as-

sunto delle altezze di piedi 31 in Po, e di 9 in Reno; la velocità di Reno, a quella di Po, si farebbe come 9 : 16, oppure 900 : 1600. L' altezza della Sezione del Reno, allo sbocco in Po, verrà ad essere quasi uguale a quella del po, in cui mette in piena, che è di piedi 31. Poniamola di 25 sul principio. La larghezza del Reno, nel sito piu' stretto, é di piedi 189, ma nel sito dello sbocco si dilatarebbe, in tempo di Po alto. Pur riteniamola di piedi 189. Multiplicata per l' altezza 25, darà 4725 piedi quadrati, per sezione di Reno pieno, rigurgitato dal Po nello sbocco. La sezione di Reno, fori del rigurgito, con piedi 9 di altezza, e 189 di larghezza, sarà di piedi quadrati 1701. Quindi la quantità di acqua, di 1701 piedi, deve passare per una sezione di 4725, e rendersi meno veloce, in ragione della maggiore ampiezza. Facendo perciò come 4725 a 1701, così 900, velocità del Reno, nelle sezioni libere, alla velocità del Reno, nella sezione dello sbocco; sarà 324. La velocità del Po deve diminuire, in ragione di 31 altezza del solo Po, a piedi 31, e oncie 9, e tre quinti, altezza del Po unito al Reno. Percio il 1600, trovato da prima, si ridurrà a 1562. Questi due numeri 324, 1562 esprimeranno le due velocità cercate. Ritenuto l' angolo, con cui si propone di far entrar Reno in Po; la Trigonometria trova, che l'angolo di diseostamento del filone di Po, non arriverà ad un grado, ma sarà solo di minuti primi di grado 52, coi quali si accosterà alla sinistra sponda. Tale effetto poi non puo durare, che nel solo tempo, in cui dura la piena di Reno, cioè per ore 7, dopo il quale cessando l' influsso vigoroso dell' acqua del Reno, e rimettendosi le acque ordinarie ai loro luoghi consueti, il Po racquisterà la sua prima direzione. Ecco annullato questo gran timore d' alcuni allarmisti.

X. Altro timore si è cercato spargere dai medesimi, che il Reno, che porta torbide, immesso in Po, farà prolungare al Po la sua linea in mare, e quindi gli farà perder la cadente, che ora tiene: a rimetter la quale dourà alzarsi di fondo, e di superficie, e ingorgare gli scoli, e far alzare le arginature. Or egli è certo, che il Po si è notabilmente prolungati in mare i suoi sbocchi. Cio ci sarebbe meglio cognito, se la natura e l' arte non avessero tanto cangiato il numero, e il sito dè suoi rami, e la posizione delle sue bocche, e il numero, e la lunghezza delle sue risvolte. Pretese il Corradi, da carte vecchie e nuove, del corso del Po, di dimostrare, che siasi prolungata la linea 13 miglia, in 13 secoli. Ma dalle carte del Cluerlo, e di altri, trascurate a bello studio dal Corradi, perchè non dicevano quel tanto ch' egli voleua; ci consta, essersi prolungato molto meno. Vero é però, che dopo il taglio del ramo principale di Po delle tornaci, fatto dai Veneti a portoviro, sul fine

del

del XVI secolo, spargendosi le sue acque per varie paludi, e lagune di poco fondo, che si chiamavan la Sacca di Goro, e comunican col mare; si son colmate presto di terra, e il Po si è aperto il letto, tra le sue alluvioni, pel tratto di 3 buone miglia. Anche l' altro ramo d' Ariano, essendosi gittato lungo la ripa, a mezzo giorno, del mare; ha allungata la sua linea, quasi 4 miglia in un secolo: poichè la torre Panfilia costrutta sotto Innocenso X, all' entrata di questo ramo in mare, la qual chiamasi porto di Goro, nella visita del 1716 fu trovata lontana dal mare ben 2 miglia. Ma per decidere, quanto il Po prolunghi il suo letto in mare, non deve misurarsi, come fa il Corradi cò suoi partigiani, dalle alluvioni, che fa il Po lungo la spiaggia del mare, nè dagli stagni di poco fondo, da esso riempiuti colle torbide delle sue acque stagnanti, nè dagli interrimenti, contro le risvolte di qualche ramo subalterno. Imperocchè stando a queste misure, se noi ritiriassimo lo sbocco presente di Po all' insù, in ragione delle 4 miglia al Secolo, colle quali falsamente pretendesi essersi protratto all' ingiù; è infallibile, che al principio della nostra Era, che incomincia un anno prima della nascita di Gesu Cristo, il mare, e lo sbocco di Po in esso, doveva essere sopra la stelata, il che è lontanissimo dal vero. Che se anche il Po, dal principio del 1700 venendo a noi avesse aggiunti al litorale di Po, banchi lunghi 5 miglia; non ne segue però che debba far altrettanto, come si vuol far credere, in questo nuovo Secolo, o che l' abbia fatto negli antecedenti; poichè in quattro, o cinque Secoli anteriori, aurebbe potuto andar rialzando i fondi degli stagni e poi in un Secolo solo colmarli. E nel Secolo presente; trovando maggiori fondi da riempire, a misura che s' interna nel mare, sempre piu profondo in distanza del lido; non potrebbe fare in un Secolo, e l' opera di andarli alzando a poco a poco, e l' opera anche di colmarli.

XI. Altri fiumi, benchè assai torbidi, che non avevano stagni, aggiunti ai loro sbocchi da riempiere, come li aveva il Po; hanno avanzata pochissimo la loro linea in mare. Allo sbocco del Tevere, fiume torbidissimo, in mare, fu fatta fabbricare da Anco Marzio La Citta di Ostia, sono gia da 25 Secoli, e il mare non n' è oggi distante che 3 miglia. La Torre di San Michele fu fatta erigere da San Pio V, a difesa ulteriore di quella spiaggia, dopo 2 Secoli e mezzo non è lontana, che un miglio. Dicesi anche, per antichissima tradizione rispettabile, che al principio della nostra Era, il mare gingneva a San Pietro in Gradi, e ora si è lontanato soltanto 5 miglia. Anticamente l' Adriatico arrivava fino a Casale di Monferrato, e secondo le antiche storie, dè tempi veramente favolosi, Adria fu fabbrica-

to

ta 3000, e piu anni fa da Diomede sul lido del mare, ora non è distante dal mare ritiratosi, che 13 miglia. Prescindendo da casi particolari, si puo verosimilmente giudicare, qual parte possa avere in Reno, colle sue torbide, a prolungar la linea di Po. Il Manfredi gli ha dato per ventura troppo, assegnandovi un prolungamento di un miglio ogni 333 anni. Ancora che Reno fosse piu torbido di ciascuno degli altri 25 torrenti uguali ad esso, che da lui suppongosi entrare in Po; ottenendo questo per la giunta del Reno, una maggior forza, invece di lasciar deporre immediatamente al suo sbocco le torbide, deve spingerle piu avanti, ove è maggiore la profondità, e piu in largo, colla forza, che esercita anche lateralmente, uguale a quella del moto progressivo immediato? Occupando maggior estensione, nel propagare le torbide, molto piu lentamente deve interrirne lo spazio, e quindi in un numero ben maggiore degli anni 333 prolungarsi la linea di un miglio. Che se il Po, colla giunta della forza ben notabile di Reno, abbia tanta spinta, come deve averla, da correre sopra l' ultimo tratto orizzontale, avanti allo sbocco, senza lasciar in esso cader le sue torbide; non è piu necessario, che il suo fondo venga rialzandosi, anche nell' ipotesi, che si prolunghi la linea. Al piu, come ha avvertito il Guglielmini, se terrà il Po la sua superficie inclinata, che vada a congiungersi con quella del mare, si farà meno inclinata, per potersi congiungere colla stessa superficie che siasi fatta piu lontana, per l' allungamento della linea
Ora é indubitabile, per moltissimi scandagli, che il fondo di Po, come anche di altri fiumi, presso il suo sbocco, è piutosto acclive verso il mare, come si é trovato nel ramo di Ariano nel 1693, e anche nel 1716; e cio nulla ostante, si tenne quel fondo in tale stato d' acclività, senza riempiersi di sabbia, al di sopra degli sbocchi, per la forza che aveva, e senza l' ajuto del Reno, di scorrere, non solo sopra un fondo orizzontale, ma ancora acclive. Non si dovrebbe dunque temere, che un tal letto, prolungandosi di piu, si alzi maggiormente di fondo. In quella vece la superficie di Po si alzerà alquanto, e diverrà meno inclinata, e obbligherà al piu l' estremita degli argini, bassissimi in quelle parti, a qualche rialzamento, come si sono alzati alquanto alla Mesola, e non altrove piu insù.

XII. Ma cio, convien ripeterlo, vale soltanto nell' ipotesi, che nel prolungarsi il letto, non si aumenti la forza del fiume, come aumentarebbesi all' aggiungervi il Reno. Allora questa maggior forza farebbe escavare la foce, che da minor forza veniva risparmiata. All' escavamento di essa, e all' acquisto di cadente maggiore della richiesta, sucederebbe di necessità l' escavamento del tratto superiore, fino al rimetterla nello stato

ordi-

ordinario non solo, ma proporzionato alla nuova giunta di acqua, che ne esige una minore dell' ordinaria: e tale escavamento rimedierebbe eccedentemente al prolungamento della linea. Dimostrasi questa Teoria appuntino colla sperienza. Dopo l'unione di Panaro in Po grande, non ostante gli orribili timori e presagj dei guasti immensi, che aurebbe portati, fratelli carnali di quelli, che si fan rinascere pel Reno; se il letto di Po si è prolungato; il suo fondo, nella visita dè due Cardinali, si trovò escavato, anzi che rialzato. Cio si fece piu sensibile nel ramo di Ariano, il cui letto, come si è detto sopra, e asi tanto allungato. E non ostante le rotte del 1705, per le quali, ossia per la mancanza di tant'acque, che altroue dispendevasi, e di tanta velocita, erasi tanto l' alveo allungato; questo non si è mai trovato si profondo, che da Monsignor Riviera nel 1716. Nel 1721 fu trovato essersi ancor piu escavato, di quel che era nel 1716, cioè, nel punto della diramazione, escavato di piu, piedi uno, e un quarto; alla Casa Paterniani, oncie 11 e mezza; alla Casa Gaglioli, oncie 11; alla Casa degli Uccelli, oncie 10 e mezzo; alla Casa Guglielmini piedi 1, oncie 7. e un quarto; alla Chiavica dé Quattrocchj piedi 4, oncie 10, punti 5; alla Chiavica Rovinata dè Nicolasi piedi 1, oncie 2 crescenti; alla Chiavica di San Basilio oncie 8, punti 5; in faccia alla Chiavica Monti piedi 6, oncie 6, punti 5; All' Osteria della Mesola piedi 2. Ecco dunque, che se cresceranno le torbide al Po, aggiungendovi Reno, accrescendovisi infallibilmente la forza; invece di alzare il fondo, anche, se si vuole, prolungato, si escaverà, dalla maggior forza forzatamente il fondo allo sbocco. Per consenso poi si escaverà proporzionatamente l' alveo superiore, finchè si metta alla minor pendenza della presente, richiesta dalla nuova acqua del Reno. All' abbassamento del fondo, torno a replicarlo, corrispondendo un analogo abbassamento di superficie, gli argini saranno sovrabbondanti al bisogno, gli scoli ne profitteranno, e si sbarazzerà, di piu, l' alveo dagli interrimenti, intervenuti qua, e là nel calar delle piene, e che piu difficilmente si rinoveranno. Invece dunque, che l' immissione di Reno in Po ci porti del danno, sarà essa un vero rimedio ai bisogni presentanei del fiume nè suoi sbocchi poco felici, che in altro modo non saprebber meglio ripararsi.

XIII. Che poi non debba il Po aver bisogno di maggior cadente, per tradurre le torbide di Reno, come ha segnato il Corradi, e quindi non debba alzare il suo letto a procurarsela; Guglielmini fa anzi costare del contrario. Oltre le Teorie, che a cio impiega, fa vedere colle sperienze, che i fiumi, che portan maggior corpo d' acqua corrente, hanno il fondo del loro letto meno inclinato, e tanto meno, che si puo dire, che i fiu-

mi

mi maggiori abbianlo, a confronto, orizzontale. La Samoggia ha piu di pendenza, che il Reno, immediatamente sopra la sua confluenza; La Secchia e il Panaro ne han piu del Po, ciascuno da per se. Il Reno, prima di ricever la Samoggia, tiene una pendenza di 20 oncie al miglio; dopo che gli si è aggiunto la Samoggia, non ne tiene che 14, o 15. Così Po, ricevuto l' Adda, ha minor cadente, che prima. E così il Po grande ricevuto il Reno, aurà bisogno di minor cadente di quella, che ora ha, e accrescendoglisi, coll' acqua del Reno, la forza, si escaverà per darsi la minore cadente, ed ecciterà ad escavarsi, anche il tronco superiore, e ad abbassarsi di superficie. E, se il letto di Po è stato escavato, come non si nega, da ciascuno degli altri 24 torrenti uguali, come ammettesi, separatamente al Reno, perchè dourà interrirsi dal venticinquesimo? Il Panaro messo in Po colle sue torbide, e con quelle del Po di Ferrara e per molto tempo, anche con quelle del Reno, lo ha vieppiù profondato, come verificò il Padre Riccoli, il Cassini, il Manfredi, e i Ferraresi han dovuto confessarlo, quantunque abbian usati tanti sforzi, per mostrarlo interrito, o che siasi abbassato per tutt' altra ragione, che per l' aumento in Po dell' acqua di Panaro; E il Reno, uguale al Panaro, come ammettesi senza contrasto; il Reno non dovrà nulla oprare di tutto ciò? Dovrà anzi operare all' opposto? Chi può pensare a questa maniera, senza far torto alla sua ragione? Da tutte queste considerazioni chiaro apparisce, non doversi temere niun rigurgito nell' immissione di Reno in Po, che ritardi la velocità di questi due fiumi, e produca interramenti all' uno, e all' altro dannosi.

Fine del secondo Tomo ed Ultimo

ELENCO

DELLE LEZIONI

LE-

LEZIONE V.

LEZIONE VI.

LEZIONE VII.

LEZIONE VIII.

LEZIONE IX.

LE-

per-

Fig.I
Fig.II.
Fig.III.
Fig.IV.
Fig.V.
Fig.VI.
Fig.VII.
Gal.mo Silvestri inc.

LEZIONE XXV.

LEZIONE XXVI.

LEZIONE XXVII.

LEZIONE XXVIII.

LEZIONE XXIX.

LEZIONE XXX.

pag.	lin.	Errori	Correzioni.
Frontispizio		Profesore . . .	Prof ssore
6.	40.	si tenendo . .	ritenendo
	43.	il Bernullio . .	Bernoullio
8.	24.	Edisione . . .	Edizione
15.	19.	at ritardo . . .	tal ritardo
13.	39.	afsottigliamenso .	assottigliamento
21.	22.	arse	aree
45.	40.	ne cono . . .	ne sono
59.	44.	ne vas . . .	ne vasi
63.	6.	prevalerano .	prevaleranno
	29.	icredibile . .	incredibile
66.	23.	parallellepido .	Parallelepipedo
72.	14.	last a	lastra
77.	2.	particelte . . .	particelle
	12.	discefsa . . .	discesa
83.	5.	esclude . . .	escluder
103.	14.	couttabilanciare .	Contrabilanciare
108.	9.	VIII	VII.
103.	2.	Collà	Colla
115.	12.	aizamento . .	alzamento
129.	45.	led	del
133.	17.	nuotanto . . .	nuotante
134.	15.	del prima . .	del prisma
136.	20.	l'	vi è di più
139.	43.	profondeo . .	profonde
140.	27.	quini dtutte . .	quindi tutte
142.	40.	soto	sotto
	45.	maggipre . .	maggiore
143.	29.	prim	primo
144.	41.	paretoi . . .	pareti
	43.	altreo . . .	altre
153.	9.	pur	par
156.	40.	aqpunto . . .	appunto
158.	35.	semisecoudi .	semisecondi
163.	29.	spaz	spazi
	40.	vedremoj . .	vedremo
170.	23.	esppelersi . .	espelersi
173.	8.	emissrio . . .	emissario
173.	23.	superfieie . .	superficie
174.	7.	cotratta . . .	contratta
182.	17.	Mariote . . .	Mariotte
	20.	Distrazione .	Disertazione
	24.	spiegare . . .	spingere
	43.	viaggare . .	viaggiare

pag.	lin.	Errori	Correzioni
185.	1.	particele . . .	particelle
	26.	aequa	acqua
186.	9.	corerre . . .	correre
189.	6.	riflezzione . .	riflessione
190.	10.	strascore . . .	trascorre
191.	21.	concorreà . . .	concorrerà
196.	5.	deposissioni . .	deposizioni
202.	12.	Costretto . . .	Costrutto
207.	28.	Duplicasione .	Dupplicazione
213	16.	diramazone . .	diramazione

Tutti gli altri errori di minor conto si rimettono alla bontà, e discrezione dé Lettori, e particolarmente quelli della numerizazione delle pagine, massime quello alla pag. 17. nella quale non si è regolata bene la forma, percui questo foglio nelle sole facciate di sequito non é stato ben regolato, onde conviene che il compiacente, e discretto lettore vi si addatti cercando i numeri progressivi contenuti in questo solo foglio per secondare la lettura di questo tomo.